This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

NEDL TRANSFER
HN 4UCP P

KF
27989

BOUGHT WI
THE BEQUES
JAMES BR
OF WATERTOWN

Rec'd 10 June

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE COMPARÉE

DES

ANIMAUX DOMESTIQUES

II.

L'auteur et l'éditeur de cet ouvrage se réservent le droit de le traduire ou de le faire traduire en toutes langues. Ils poursuivront en vertu des lois, décrets et traités internationaux, toutes contrefaçons ou toutes traductions faites au mépris de leurs droits. Le dépôt légal de cet ouvrage a été fait à Paris en septembre 1855, et toutes les formalités prescrites par les traités sont remplies dans les divers États avec lesquels la France a conclu des conventions littéraires.

Paris. — Imprimerie de L. MARTINET, rue Mignon, 2.

TRAITÉ

DE

PHYSIOLOGIE COMPARÉE

DES

ANIMAUX DOMESTIQUES

PAR G. COLIN,

Chef du service d'anatomie et de physiologie à l'école impériale vétérinaire d'Alfort,
Membre de la Société centrale de médecine vétérinaire et de la Société anatomique.

AVEC 114 FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE.

TOME SECOND.

PARIS,
CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE,
rue Hautefeuille, 19.

A LONDRES, CHEZ H. BAILLIÈRE, 219, REGENT STREET.
A New-York, chez H. Baillière, 290, Broadway.
A MADRID, CHEZ C. BAILLY-BAILLIÈRE, CALLE DEL PRINCIPE, 11.

1856

L'auteur et l'éditeur de cet ouvrage se réservent le droit de traduction.

KF 27989 (2)
Z 92.5 C1

1858 June 10

Brown Bequest

Trans. to Mus. of Comp. Zool.

PHYSIOLOGIE

COMPARÉE

DES ANIMAUX DOMESTIQUES.

LIVRE CINQUIÈME.

DE L'ABSORPTION.

En analysant les actes si nombreux et si complexes de la digestion, nous avons vu les modifications qu'éprouvent les matières alimentaires pour devenir aptes à passer dans les voies de la circulation. Il s'agit maintenant de rechercher comment ces matières sont saisies, comment elles pénètrent dans les vaisseaux et parviennent aux organes de la sanguification. De plus, il faut étudier l'absorption dans tous les points de l'économie où elle s'opère, en préciser les agents, en déterminer les phénomènes, les lois et le mécanisme.

Cette importante fonction, qui s'exerce partout, aussi bien sur les éléments de l'organisme que sur les matières étrangères, est à la fois le complément de la digestion et l'un des deux actes essentiels de la nutrition. Elle ouvre les portes de l'économie à toutes les substances réparatrices préalablement fluidifiées, et devient le moyen par lequel les éléments des tissus et des organes rentrent dans la masse des fluides nutritifs.

Elle n'a pas, comme toutes les autres, un appareil spécial et bien isolé; ses agents immédiats ne peuvent être parfaitement précisés. Mais comme il est deux ordres de vaisseaux chargés du transport des produits qu'elle a recueillis, il est probable que ce sont les radicules de ces vaisseaux, c'est-à-dire celles des veines et des lymphatiques, qui saisissent ces produits tels qu'ils sont, ou après leur avoir fait subir quelques modifications. Les veines et les lymphatiques seuls peuvent avoir cet office, en raison de la direction centripète du courant des fluides qu'ils charrient.

Il faut donc étudier isolément l'absorption lymphatique et l'absorption veineuse, puis envisager la fonction relativement à son siége, soit aux diverses surfaces, soit dans la trame des tissus, c'est-à-dire l'absorption superficielle et l'absorption interstitielle; enfin rechercher son mécanisme et le cours général de ses produits.

CHAPITRE XXX.

DE L'ABSORPTION LYMPHATIQUE.

Le système lymphatique, qui forme un immense réseau dans presque toutes les parties de l'économie, joue un grand rôle dans l'absorption. Sa partie intestinale, qu'on appelle l'appareil chylifère, et qui est affectée à l'absorption des produits de la digestion, mérite d'être étudiée à part avant celle qui est répandue dans tout le reste du corps. Aussi établirons-nous à ce chapitre deux sections, l'une pour l'absorption du chyle, l'autre pour celle de la lymphe.

I. De l'absorption par les chylifères.

Le mésentère de l'intestin grêle est parcouru, chez les animaux supérieurs, et surtout chez les mammifères, par des vaisseaux noueux, à parois minces, transparentes, vaisseaux qui, pendant la digestion, se gonflent, deviennent opalins, plus ou moins blanchâtres, en prenant la teinte du fluide qu'ils charrient : ce sont les lymphatiques chargés de transporter le chyle et appelés, à cause de leur rôle spécial, les vaisseaux chylifères.

Ils paraissent avoir été vus par les anciens. Érasistrate, l'un des plus illustres représentants de l'école d'Alexandrie, avait aperçu des artères pleines de lait dans le mésentère de jeunes chevreaux encore à la mamelle. Galien avait également signalé, après Hérophile, des veines blanches qui, de l'intestin, se portent à des corps glanduleux du mésentère. Mais ce fut Aselli (1) qui en 1622 découvrit à Pavie, sur un chien vivant, les vaisseaux chylifères pleins d'un fluide blanc comme du lait. Il les retrouva chez le chat, l'agneau, le porc, la vache, le cheval et plusieurs autres quadrupèdes, leur assigna pour fonction de pomper le chyle et leur donna le nom de *vasa lactea*, qui fut après lui longtemps en usage parmi les anatomistes. Aselli fit aboutir ces vaisseaux d'une nouvelle espèce au foie, que l'on regardait, depuis Galien, comme l'organe de la sanguification. Cependant, dès 1563, Eustachi avait trouvé sur le cheval le canal thoracique, dont il n'avait pas vu les rapports ni soupçonné les usages. Veslingius reconnut vaguement la liaison qui existe entre les vaisseaux lactés et la veine blanche du thorax signalée par l'anatomiste romain. Enfin, en 1651, Pecquet (2), de Dieppe, établit clairement que les chylifères, au lieu de se rendre au foie, arrivent à une ampoule appelée par lui le réservoir sous-lombaire, la citerne du chyle, *cisterna chyli*, qui devient le point de départ du canal thoracique, dont l'insertion a lieu généralement dans la veine sous-clavière. Dès lors on eut des idées nettes sur l'ensemble du système chylifère et sur le cours du chyle. Peu de temps après, comme nous le dirons plus tard, d'autres anatomistes établirent les connexions de cet ensemble de vaisseaux avec le reste du système lymphatique.

(1) *De lactibus sive lacteis venis.* 1627.

(2) *Experimenta nova anatomica quibus incognitum hactenus chyli receptaculum*, etc. 1651.

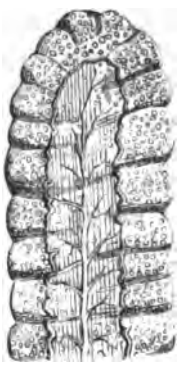
Les vaisseaux chylifères, dont nous devons examiner ici le rôle physiologique, naissent de tous les points de l'intestin grêle, se placent entre les lames du mésentère, soit autour des vaisseaux, soit dans les espaces que ceux-ci laissent entre eux. Ils acquièrent un diamètre de plus en plus considérable à mesure qu'ils s'éloignent de l'intestin, s'anastomosent les uns avec les autres, et bientôt traversent les ganglions mésentériques; enfin, après avoir formé plusieurs troncs, ils s'ouvrent dans une ampoule plus ou moins apparente qui devient l'origine du canal thoracique.

La disposition générale de ces vaisseaux, sans être extrêmement variable, n'est point la même dans tous les groupes d'animaux. On les voit assez volumineux chez les carnassiers où ils traversent, avant d'arriver au réservoir sous-lombaire, les ganglions rassemblés vers le haut du mésentère. Ils sont très fins chez les solipèdes, et ne traversent les ganglions que vers l'origine du frein mésentérique pour se continuer au delà par de grosses branches très rapprochées qui s'ouvrent dans la citerne. Enfin chez les ruminants, où les ganglions sont très voisins de l'intestin, les chylifères deviennent énormes et peu nombreux dans la plus grande partie du mésentère; ils s'y réunissent en un tronc considérable qui s'accole à l'artère mésentérique, reçoit sur son trajet de nouvelles branches et va, après s'être divisé, s'ouvrir dans un canal simple ou multiple.

Les vaisseaux chylifères, quelle que soit leur disposition, proviennent des petits prolongements de la muqueuse intestinale, connus sous le nom de *villosités*.

Les villosités appartiennent à l'intestin grêle des mammifères et des oiseaux, où elles sont tellement nombreuses et rapprochées, qu'elles donnent à la membrane muqueuse l'aspect d'un velours à longs filaments. Elles sont remplacées chez les reptiles et les poissons par des prolongements foliacés très étendus, mais différents sous plusieurs rapports anatomiques des villosités propres à l'intestin des vertébrés supérieurs. Ces petites saillies de la muqueuse sont extrêmement développées chez le chien, le chat, le renard, l'ours, les carnassiers en général et tous les animaux qui ont l'intestin court; elles le sont beaucoup moins chez les ruminants, les solipèdes et la plupart des autres herbivores. Elles se présentent tantôt sous la forme de prolongements cylindriques, tantôt sous l'aspect de petites lamelles ou de folioles plus ou moins élargies. Müller les dit aplaties dans la plupart des mammifères, et entre autres chez le chien, le porc, le lapin, et cylindriques, en grande partie, chez les ruminants domestiques. Elles peuvent être, d'après le même observateur, cylindriques dans certains points de l'intestin, foliacées dans d'autres, ou bien encore mêlées, les premières avec les secondes, comme on le voit dans le bœuf et la brebis.

Fig. 58.



Ces villosités sont constituées de l'extérieur à l'intérieur: 1° par une couche d'épithélium à cellules cylindriques qui leur forme une enveloppe complète; 2° par une substance homogène translucide; 3° par un réseau de vaisseaux sanguins immédiatement étalé au-dessous de la couche épithéliale; 4° enfin par des vaisseaux lymphatiques qui occupent le centre de la substance homogène, et deviennent le point de départ des chylifères (fig. 58).

Quelques observateurs avaient cru y trouver des ouvertures visibles. Lieberkunh en admettait une seule; Hewson, Hunter et d'autres en supposaient un plus grand nombre. Mais, depuis Ruisch et Haller, presque tous les anatomistes s'accordent à regarder ces ouvertures comme une fiction. Toutefois, MM. Gruby et Delafond, qui ont observé, chez le chien, autour de l'épithélium à cylindres un épithélium à tête, prétendent que les cellules de ce dernier sont percées d'ouvertures infundibuliformes, par lesquelles pénètrent les matières grasses émulsionnées et les autres éléments destinés à la formation du chyle.

Telles sont les villosités ou les organes de l'absorption du chyle; il n'est pas facile de voir comment ces organes agissent en saisissant les matériaux de ce fluide.

Le chyle n'est pas tout formé dans l'intestin; ses éléments s'y trouvent mêlés et dissous; ils y sont disséminés au milieu d'un véhicule aqueux plus ou moins abondant, et associés à des principes non modifiés ou non nutritifs: la fibrine, l'albumine, les sels, les matières grasses émulsionnées sont tenus dans une sorte de dissolution longuement préparée par une série d'élaborations successives. Or les villosités plongent dans la masse liquide qui les baigne de toutes parts, et qui passe à leur surface comme la nappe d'eau qui coule sur le gazon d'une prairie. Ces matériaux du chyle sont sans cesse apportés au contact des villosités; et lorsque les mouvements intestinaux deviennent un peu énergiques, les ondées de chyme battent sur ces petits organes comme les vagues d'un océan sur le sable du rivage. Les substances dissoutes pénètrent alors la villosité, soit par les interstices des cellules épithéliales, soit par les porosités invisibles de ces cellules mêmes : cela est de toute nécessité. Une fois au delà de la couche d'épithélium, elles traversent le réseau sanguin, gorgent la matière homogène de l'organe absorbant, et finalement s'engagent dans les radicules des lymphatiques qui ont, peut-être, des orifices béants dans le tissu de la villosité. Dès qu'elles sont arrivées dans les radicules vasculaires, celles-ci les font progresser vers les vaisseaux plus larges, par le fait de la contractilité que possèdent leurs propres parois.

Le mécanisme par lequel les matériaux du chyle pénètrent la villosité sera recherché plus tard; qu'il nous suffise de dire ici que cette pénétration ne peut être saisie, et que ses voies sont tout à fait invisibles. Seulement dès que les villosités se sont remplies de chyle, elles paraissent blanchâtres et plus ou moins gonflées. Haller, Cruikshank et d'autres les ont vues telles. Le phénomène est facile à constater sur les animaux carnivores tués pendant la période la plus active de la digestion intestinale ou ouverts vivants. La muqueuse présente alors une teinte rosée bien différente de celle qui lui est habituelle : les villosités turgides semblent offrir un pointillé blanchâtre d'un aspect caractéristique. Les mêmes particularités ne s'observent point aussi aisément chez les animaux herbivores, le cheval, le bœuf, la brebis, par exemple, dont la muqueuse intestinale saigne souvent au seul contact de l'air.

Le chyle, après avoir gonflé la villosité et pénétré dans les radicules des vaisseaux blancs que celle-ci contient à son intérieur, passe insensiblement dans les chylifères du mésentère, où l'expérimentateur peut le voir marcher et le recueillir, pour en déterminer les caractères et les propriétés.

Les physiologistes qui ont voulu étudier le chyle l'ont pris dans le canal

thoracique où il est mêlé, même pendant les périodes de la plus grande activité digestive, avec une très grande quantité de lymphe. C'est ce qu'ont fait Vauquelin, Magendie, Marcet et d'autres encore. Les micrographes ont piqué les chylifères du mésentère, et obtenu par ce moyen des gouttelettes de liquide suffisantes pour un examen microscopique. Ainsi M. Magendie (1) ouvre rapidement la poitrine des animaux en pleine digestion, passe autour du canal thoracique une ligature qui intercepte le cours du liquide, puis incise le canal et reçoit dans un vase ce qui s'échappe par l'ouverture. Tiedemann et Gmelin, les premiers, eurent l'idée de prendre le chyle dans les vaisseaux du mésentère sur les chevaux qu'ils venaient de tuer; et Rees, à leur exemple, employa le même moyen sur l'âne. Mais par ce procédé on ne peut obtenir qu'une fort petite quantité de chyle mêlée à la lymphe qui vient du gros intestin, si développé chez les animaux solipèdes. Il est facile, par une autre méthode, de recueillir le chyle pur sur les animaux vivants, sans troubler profondément les fonctions digestives.

Érasistrate et Galien avaient vu les chylifères des chevreaux dont ils ouvraient l'abdomen, grâce au volume considérable qu'ils présentent dans ces animaux, et à une disposition anatomique qui n'a pas échappé à l'observation de Haller, mais que les anatomistes modernes paraissent avoir méconnue. Ce qui existe chez le chevreau existe aussi chez le bélier, et surtout chez le bœuf, avec des proportions considérables. Les vaisseaux lactés, énormes et peu nombreux, se réunissent chez les ruminants en un gros tronc qui suit l'artère mésentérique et sa veine satellite, tronc qui reçoit sur son trajet plusieurs branches provenant des divers points de l'intestin. Or en fixant de petits tubes d'argent, soit au vaisseau chylifère principal, soit à ses afférents, on peut, en quelques instants, recueillir de grandes quantités de chyle. Les détails de l'opération sont fort simples. Lorsque le bœuf a ruminé pendant quelques heures après le repas, on fait au flanc droit une incision de 12 à 15 centimètres (fig. 59), on retire par cette ouverture le mésentère et

FIG. 59.

(1) *Précis élémentaire de physiologie*, 4e édit. t. II, p. 171.

quelques anses d'intestin grêle. Dès qu'on a aperçu le chylifère principal, on l'incise et l'on y fait pénétrer un tube d'argent qu'on fixe à l'aide d'une ligature circulaire. Enfin on rentre dans l'abdomen les parties mises momentanément au contact de l'air, et l'on reçoit dans une capsule, ou mieux dans une petite éprouvette, le liquide qui s'échappe du tube. Si l'on veut continuer à recueillir le liquide pendant longtemps, on adapte au tube un prolongement flexible de caoutchouc, et l'on ferme la plaie de l'abdomen par une suture. Lorsqu'on a obtenu une quantité suffisante de chyle, on détache les tubes avec précaution et l'on abandonne à lui-même l'animal, qui ne tarde pas à se rétablir.

Le chyle, dans toute sa pureté, est un fluide dont les caractères physiques et les propriétés varient un peu suivant les espèces, la nature des aliments et l'état de la digestion. Il est d'un beau blanc laiteux chez les carnivores et même chez les herbivores tant qu'ils sont à la mamelle; il est plus clair et très légèrement lactescent chez les herbivores dans les circonstances ordinaires. Il se coagule spontanément en se refroidissant, et se prend en une masse homogène qui remplit exactement la cavité des vases dans lesquels on le reçoit. Il jouit de cette propriété, quoi qu'en disent Emmert, Tiedemann et Gmelin, avant d'avoir traversé les ganglions comme après. Sa saveur est très légèrement salée et son odeur, que l'on dit spermatique, varie suivant les espèces : elle rappelle chez le bœuf, à un faible degré, celle de la transpiration de cet animal. Vauquelin a cru remarquer que par l'acide sulfurique celui du cheval dégage l'odeur propre à cet herbivore. Il importe, pour ne pas se faire d'illusion à cet égard, d'éviter que les vases destinés à recevoir le liquide se mettent en contact avec le sang ou avec les tissus de l'animal sur lequel on expérimente.

Le chyle, examiné au microscope, laisse voir deux sortes de globules faciles à distinguer : les uns sont des globules de graisse, les autres paraissent à peu près semblables à ceux qui se trouvent dans la lymphe de toutes les parties du corps. Les premiers, d'autant plus abondants que le chyle est plus laiteux, donnent à ce liquide sa couleur blanche ou opaline et son opacité. Ce sont eux qui rendent trouble le sérum du liquide charrié par le canal thoracique, et qui lui donnent une teinte blanchâtre pendant la digestion. Ces globules translucides, solubles dans l'éther, sont faciles à reconnaître, et plus petits que ceux de la lymphe et du sang. Les autres sont blancs, brillants, argentins, et de tous points semblables à ceux de la lymphe la plus pure. Müller (1) dit qu'ils sont plus petits que les globules du sang chez les mammifères, tels que le veau, la chèvre, le chien. D'après le même observateur, il est plus rare de les voir égaler ces globules en volume, comme chez le chat, et de les dépasser, ainsi qu'on le remarque chez le lapin. Wagner prétend qu'ils sont en général plus gros que ceux du sang chez les mammifères. Je les ai vus plusieurs fois dans le chyle du bœuf, pris dans de petits vaisseaux du mésentère ou dans le canal chylifère principal de ce ruminant. D'après MM. Gruby (2) et Delafond, il n'y aurait pas dans le chyle d'autres globules que ceux de la graisse. Mais sur ce point ces micrographes sont en contradiction avec

(1) *Manuel de physiologie*, traduction française, Paris, 1851, t. I, p. 119.
(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 5 juin 1843.

la plupart des observateurs, qui du reste n'ont généralement étudié que le mélange de chyle et de lymphe pris dans le canal thoracique.

La composition du chyle est encore loin d'être parfaitement déterminée, et l'on conçoit qu'elle ne puisse l'être, puisque toutes les analyses, ou à peu près toutes, s'appliquent au liquide recueilli dans le canal thoracique, c'est-à-dire à un mélange de chyle et de lymphe, en proportions inconnues et excessivement variables.

Emmert, Vauquelin, Tiedemann et Gmelin, Marcet ont examiné sur le cheval ce qu'on a appelé si improprement le chyle. Vauquelin (1) y a trouvé de l'albumine, de la fibrine, une matière grasse, de la potasse, du chlorure de potassium, du phosphate de fer. Tiedemann et Gmelin (2) y ont reconnu de la fibrine, de l'albumine, une matière colorante, une matière analogue à la salivaire, une autre matière animale soluble dans l'eau et dans l'alcool, du chlorure de sodium, de l'acétate, du carbonate, du phosphate et du sulfate de soude, du carbonate et du phosphate de chaux. Les mêmes expérimentateurs ont aussi donné une analyse incomplète du mélange de chyle et de lymphe pris dans le canal thoracique de la brebis et du chien ; enfin ils ont tenté quelques essais sur le chyle du cheval pris dans les lymphatiques du mésentère, entre les ganglions et le réservoir sous-lombaire. Le docteur anglais Rees a pris le chyle de l'âne dans ce dernier point, où il n'est mêlé qu'avec la lymphe du gros intestin. Il l'a trouvé ainsi composé :

Eau.	90,237
Albumine.	3,516
Fibrine.	0,370
Matière soluble dans l'eau et dans l'alcool.	0,332
Matière soluble dans l'eau.	1,233
Graisse.	3,601
Sels et oxyde de fer.	0,711
	100,000

M. Lassaigne, qui a examiné le chyle pur que j'avais recueilli par les chylifères mésentériques du taureau, lui a trouvé une densité de 1,013, supérieure par conséquent à celle de la lymphe et du mélange pris dans le canal thoracique. Il contenait 0,0019 de fibrine sèche, proportion double de la fibrine du canal thoracique du même ruminant. Le sérum était composé de 95,21 d'eau et de 4,79 de substances fixes, albumine et sels. Malheureusement cette analyse n'a pas été achevée.

Indépendamment de la fibrine, de l'albumine, de la graisse, de quelques matières extractives et des sels, on a signalé dans le chyle d'autres éléments. On y a trouvé une matière colorante rouge, une matière colorante blanche, du fer, etc. La matière colorante rouge vient certainement du sang qui reflue dans le canal thoracique et de la lymphe rougeâtre de certaines parties, de la rate, par exemple. Elle a paru analogue à celle du sang. Comme cette dernière, elle prend une teinte plus vive au contact de l'air, se fonce par l'action de l'acide carbonique. Si Emmert, Vauquelin, Tiedemann et Gmelin eussent pris le chyle dans les chylifères au lieu de le prendre dans le canal thoracique ou la citerne sous-lombaire, ils n'auraient

(1) *Annales du Muséum*, 1811, t. XVIII, p. 247.
(2) *Recherches expérimentales physiologiques et chimiques sur la digestion*, 2e partie

pas trouvé de traces de cette matière, car le chyle pur n'a pas la moindre teinte rosée, et ne se colore nullement en rose sous l'influence de l'air ou de l'oxygène. La preuve, du reste, que cette matière rouge provient du sang, c'est que dans le chyle du canal thoracique du bœuf, du mouton, du cheval, on reconnaît sous le microscope une très grande quantité de globules de sang, et cela, quelles qu'aient été les précautions prises pour recueillir ce fluide, soit sur l'animal vivant, soit immédiatement après la mort. La quantité de globules sanguins dans ce chyle est quelquefois tellement considérable qu'il donne un caillot d'un rouge écarlate presque aussi vif que celui du sang artériel. Quant au fer que Vauquelin a trouvé chez le cheval, il provient probablement du sang; mais il dérive aussi en partie des aliments.

Le chyle n'est pas toujours un fluide identique avec lui-même. Ses propriétés physiques et sa composition varient suivant les espèces d'animaux, le régime et les périodes de la digestion.

Tous les animaux vertébrés ont des vaisseaux chylifères, et chez tous l'absorption du chyle doit se faire par l'intermédiaire de ces vaisseaux. Si l'on attachait une grande importance à l'opacité du chyle et à son aspect lactescent, on serait porté à croire, avec plusieurs physiologistes, que les ovipares n'ont pas de chyle. Il paraît, en effet, que chez les oiseaux, les reptiles et les poissons les lymphatiques de l'intestin ne renferment généralement qu'un fluide limpide. Cependant M. Duméril a vu sur un pic, et M. Duvernoy sur un trigonocéphale, du chyle blanc et lactescent comme celui des mammifères. La petitesse des chylifères de ces animaux et la limpidité de leur chyle font supposer que la veine porte prend une grande part à l'absorption des produits de la digestion, et notamment des matières grasses.

Le chyle des carnivores, du chien, du chat, celui du porc, sont opaques, d'un beau blanc de lait. Le chyle des herbivores à la mamelle et de ceux qui accidentellement sont entretenus de chair ou de substances dans lesquelles se trouvent beaucoup de graisse possède presque les mêmes caractères. Ce fluide est opalin et un peu blanchâtre sur le mouton, la chèvre, le bœuf, l'âne, le cheval. Vauquelin dit même que celui des branches sous-lombaires de ce dernier solipède s'est trouvé blanc comme du lait; ce que je n'ai jamais pu voir.

Suivant la nature des aliments, le chyle éprouve des variations sensibles. Celui des carnivores nourris de chair, de matières grasses, est excessivement laiteux; il devient clair ou à peine lactescent, ainsi que l'ont vu Tiedemann et Gmelin, sur les chiens nourris d'albumine, de gélatine, de fibrine, de gluten, de fécule, toutes substances privées de graisse. Ce fluide est bien plus lactescent chez les chevaux abattus pendant qu'ils digèrent de l'avoine que chez ceux entretenus avec du foin et de la paille.

Enfin, suivant l'état de la digestion, le fluide que contiennent les chylifères offre des caractères très différents. Je l'ai toujours trouvé plus ou moins lactescent et complétement coagulable chez les mammifères dont les fonctions digestives, quoique ralenties, n'étaient point troublées. Je l'ai vu limpide, légèrement jaunâtre et ne donnant qu'un petit caillot nuageux séparé du sérum, chez des vaches et des taureaux dont la digestion était suspendue depuis douze à quinze heures; enfin je l'ai trouvé d'une limpidité parfaite, sans le moindre reflet jaunâtre et tout à fait incoagu-

lable sur une vache, à la suite des tortures d'une journée d'opérations chirurgicales. Cet animal n'avait pour ainsi dire plus d'aliments dans l'intestin grêle, qui était assez rempli des liquides ingérés pendant la journée. L'écoulement du fluide que charriaient alors les chylifères était si considérable que j'en obtins, par un seul vaisseau, en une heure et quart, 372 grammes, savoir, pour chaque période de cinq minutes, les quantités suivantes: 53, 55, 40,40, 31, 23, 22, 30, 13, 14, 21, 15, 16 grammes.

Ainsi donc les chylifères ne charrient pas toujours un chyle identique. Tantôt c'est un fluide opaque, lactescent, riche en fibrine, en albumine et en matières grasses; tantôt c'est un fluide jaunâtre présentant les caractères de la lymphe et les globules de ce dernier fluide; enfin c'est quelquefois un liquide limpide incoagulable, ne contenant que de faibles traces de fibrine et d'albumine.

Pendant son trajet de l'intestin au canal thoracique, le chyle éprouve-t-il quelques modifications dans ses propriétés physiques et les proportions de ses éléments constitutifs?

Les physiologistes dissertent sans base sur ce point comme sur beaucoup d'autres relatifs à l'histoire du chyle. Tiedemann et Gmelin pensent que les ganglions transforment une partie de l'albumine en fibrine; d'autres prétendent que la fibrine du chyle ne provient pas ou ne provient qu'en très faible partie des aliments, et qu'elle est formée dans les ganglions aux dépens du sang artériel. Arnold avance qu'il acquiert des globules à mesure qu'il progresse des petits vaisseaux vers les ganglions et le canal thoracique. On dit, en maints endroits, que le chyle pris entre les ganglions et l'intestin contient moins de fibrine que celui qui a traversé ces organes. On répète sans preuves qu'il n'est point coagulable avant son passage à travers ces mêmes ganglions. Mais qui a recueilli ce chyle avant son passage dans les ganglions mésentériques, et qui en a déterminé la compositiou? C'est ce que personne ne dit. Or il est un fait certain et facile à constater sur les grands ruminants, c'est que le chyle extrait des lymphatiques avant qu'ils aient traversé les ganglions est coagulable et contient de la fibrine comme l'autre. En attendant que l'analyse chimique nous ait appris si le second contient plus de fibrine que le premier, il ne faut point nous inquiéter de la source à laquelle le chyle puise cet excès prétendu de principe coagulable.

On a avancé également, sans preuves, que le chyle perdait de sa graisse après son passage à travers les ganglions, et M. Bérard a supposé que cette graisse passait des chylifères dans les radicules de la veine porte pour être de là portée dans le foie, où elle servirait à la sécrétion biliaire. Comme il n'est pas encore démontré que le chyle renferme moins de graisse au delà des ganglions qu'en deçà, il est inutile de rechercher ce que peut devenir la graisse qu'il perd, dit-on, en les traversant.

On s'est demandé depuis longtemps si l'absorption du chyle pouvait se faire ailleurs que dans l'intestin grêle, et si une partie de ce fluide ne suivait pas la voie de la veine porte.

Plusieurs anciens physiologistes ont prétendu que les lymphatiques de l'estomac se remplissaient de chyle pendant la digestion. MM. Leuret et Lassaigne (1) disent

(1) *Recherches physiologiques et chimiques pour servir à l'histoire de la digestion*, p. 123.

KF 27989 (2)
Z 97.5 C1
v

1858 June 10

Brown Bequest

Trans. to Mus. of Comp. Zoo'.

HARVARD COLLEGE
LIBRARY

PHYSIOLOGIE

COMPARÉE

DES ANIMAUX DOMESTIQUES.

LIVRE CINQUIÈME.

DE L'ABSORPTION.

En analysant les actes si nombreux et si complexes de la digestion, nous avons vu les modifications qu'éprouvent les matières alimentaires pour devenir aptes à passer dans les voies de la circulation. Il s'agit maintenant de rechercher comment ces matières sont saisies, comment elles pénètrent dans les vaisseaux et parviennent aux organes de la sanguification. De plus, il faut étudier l'absorption dans tous les points de l'économie où elle s'opère, en préciser les agents, en déterminer les phénomènes, les lois et le mécanisme.

Cette importante fonction, qui s'exerce partout, aussi bien sur les éléments de l'organisme que sur les matières étrangères, est à la fois le complément de la digestion et l'un des deux actes essentiels de la nutrition. Elle ouvre les portes de l'économie à toutes les substances réparatrices préalablement fluidifiées, et devient le moyen par lequel les éléments des tissus et des organes rentrent dans la masse des fluides nutritifs.

Elle n'a pas, comme toutes les autres, un appareil spécial et bien isolé; ses agents immédiats ne peuvent être parfaitement précisés. Mais comme il est deux ordres de vaisseaux chargés du transport des produits qu'elle a recueillis, il est probable que ce sont les radicules de ces vaisseaux, c'est-à-dire celles des veines et des lymphatiques, qui saisissent ces produits tels qu'ils sont, ou après leur avoir fait subir quelques modifications. Les veines et les lymphatiques seuls peuvent avoir cet office, en raison de la direction centripète du courant des fluides qu'ils charrient.

Il faut donc étudier isolément l'absorption lymphatique et l'absorption veineuse, puis envisager la fonction relativement à son siége, soit aux diverses surfaces, soit dans la trame des tissus, c'est-à-dire l'absorption superficielle et l'absorption interstitielle; enfin rechercher son mécanisme et le cours général de ses produits.

par une artère, deux veines et quelques lymphatiques. L'une des deux veines a été liée et l'autre divisée transversalement, afin d'éviter la stagnation du sang dans l'anse isolée, à l'intérieur de laquelle on a injecté de la noix vomique à dose toxique. La substance vénéneuse est demeurée en contact avec la muqueuse pendant une heure sans que l'animal ait éprouvé aucun symptôme d'empoisonnement. Mais six minutes après l'enlèvement de la ligature de la veine, les effets ordinaires du poison se sont fait sentir. Ce premier résultat ne prouve pas que les lymphatiques n'aient point absorbé de poison. D'une part, l'anse intestinale, le mésentère et les lymphatiques ayant été exposés au contact de l'air, il a pu se faire que ces derniers se soient resserrés et un peu desséchés ; d'autre part, ils ont pu absorber de la noix vomique, mais en trop petite quantité pour donner lieu aux phénomènes caractéristiques de l'intoxication.

Dans une seconde expérience, après la ligature du canal thoracique, on a engagé de l'upas dans l'estomac et dans l'intestin, et l'on a vu les signes de l'empoisonnement se manifester avec autant de rapidité que dans les circonstances ordinaires. Sur d'autres chiens, l'upas, après la ligature du canal, a été déposé soit dans la cavité péritonéale, soit dans le sac des plèvres ou dans les muscles des pattes de derrière, et l'intoxication s'est produite à peu près comme si le cours de la lymphe et du chyle n'eût point été intercepté. Évidemment, dans tous ces cas, ce sont les veines qui ont absorbé et charrié le poison. Néanmoins les lymphatiques et les chylifères ont pu en prendre aussi une certaine quantité que la ligature du canal a empêché d'arriver dans le torrent de la circulation.

Panizza a donné à des chiens, par les voies intestinales, du prussiate de potasse, et à un âne de l'iodure de potassium. On continua l'administration de ces substances pendant plusieurs jours, après lesquels les animaux furent ouverts vivants. Le sang de la veine porte des chiens contenait du prussiate, et celui de la même veine de l'âne renfermait de l'iode. Le chyle et la lymphe du canal thoracique n'en présentaient que des traces. Mais enfin, comme les substances ingérées se retrouvaient, quoique en minime proportion, dans les lymphatiques, les expériences de Panizza ne sauraient prouver que les vaisseaux blancs n'aient point absorbé d'iode ou de prussiate de potasse.

Mayer et M. Chatin ont donné à des chiens, le premier du fer, le second de l'acide arsénieux et de l'émétique. Or ni le fer, ni l'arsenic, ni l'antimoine n'ont été trouvés dans le canal thoracique, et les deux derniers métaux se reconnaissaient dans le sang. Mais le fer avait-il été donné sous une forme ou dans une combinaison qui en permît l'absorption? Quant à l'arsenic et à l'antimoine, il est difficile de s'expliquer leur absence des lymphatiques avec leur présence dans les vaisseaux sanguins. La difficulté que certains sels éprouveraient à passer dans les chylifères ou les lymphatiques ne rend pas bien compte de cette particularité, qui du reste aurait besoin d'être confirmée.

Home, Hallé, Flandrin, Magendie, Tiedemann et Gmelin n'ont vu passer dans le chyle, ni la rhubarbe, ni l'indigo, ni la garance, la cochenille, etc. Je n'ai pas vu non plus ni sur le cheval, ni sur le bœuf, l'indigo passer dans le chyle ou la lymphe que je recueillais sans interruption pendant des journées entières par des fistules du canal thoracique. Ces observations, qui montrent la difficulté avec laquelle

les matières colorantes végétales passent dans les lymphatiques, ne prouvent point que ces derniers soient dépourvus de la propriété d'absorber. D'ailleurs il peut se faire que ces matières y pénètrent aussi, comme elles le font dans les veines, mais en proportions trop faibles pour y être nettement reconnues.

Enfin Flandrin, MM. Magendie, Tiedemann, Gmelin et d'autres encore n'ont pu reconnaître dans le chyle, ni l'odeur du camphre, ni celle du musc, de l'alcool, de l'essence de térébenthine, des huiles empyreumatiques, bien que l'odeur de ces substances fût quelquefois sensible dans le sang. Mais cette particularité, à laquelle il ne faut pas attacher une grande importance, tient peut-être à la quantité minime de chyle et de lymphe soumise à l'examen relativement à celle du sang et par conséquent à la faible proportion de principes odorants que les lymphatiques pouvaient contenir, à supposer qu'ils en eussent absorbé.

Ainsi les faits qui viennent d'être rappelés ne suffisent pas à démontrer que les lymphatiques soient dépourvus de la faculté d'absorber; ils nous font entrevoir seulement que ces vaisseaux absorbent avec lenteur et ne saisissent que des proportions très faibles de matières étrangères. Il faut à présent mettre en relief les preuves de leur participation aux phénomènes de l'absorption.

Fodera renferme dans une anse intestinale liée à ses deux extrémités, une solution de prussiate de potasse et il fait baigner cette anse dans une solution de sulfate de fer. Bientôt la lymphe qu'on obtient des chylifères, en les incisant, devient bleue par l'action de l'acide chlorhydrique, de même que le sang des veines.

J'ai injecté sur un cheval vivant dans une anse d'intestin longue d'un mètre et liée à ses deux bouts, une solution de 50 grammes de cyanure de fer et de potassium. Huit minutes après l'injection les chylifères incisés avec précaution dans les points où ils se trouvaient éloignés des vaisseaux, même les plus petits, donnèrent de la lymphe qui devint bleue par l'action du persulfate de fer. Le sérum du sang des veines contenait du cyanure avant que la lymphe en montrât des traces appréciables.

J'ai lié à ses deux extrémités une anse d'intestin grêle longue de 2 mètres et demi, et je l'ai coupée de manière à l'isoler complétement du reste de l'organe. Après avoir appliqué des ligatures sur une veine et une artère et adapté un tube à la seconde veine pour en conduire le sang à l'extérieur de l'abdomen, j'ai injecté dans cette anse 1 gramme et demi d'acide cyanhydrique étendu dans 40 grammes d'eau. L'animal mourut deux heures après l'injection. Le poison n'avait évidemment pu être porté aux centres nerveux que par suite de son absorption par les lymphatiques restés seuls libres dans le mésentère.

La même expérience a été faite sur le cheval, avec 50 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique étendus dans 200 grammes d'eau. Au bout d'une heure et quart il s'est manifesté des symptômes d'intoxication, c'est-à-dire du tétanos et des convulsions, et l'animal a expiré une heure quarante-cinq minutes après l'injection.

Tiedemann et Gmelin ont vu le sulfate de fer et le sulfate de potasse passer dans le canal thoracique du cheval, le cyanure et le sulfo-cyanure de cuivre dans celui du chien, Westrumb le sulfate de potasse, Mac-Neven le cyanure de fer et de potassium. Enfin, Lawrence, Coates, les médecins de Philadelphie ont vu le cyanure de fer et de potassium passer dans le canal thoracique, comme dans les veines et

même ils l'ont trouvé plusieurs fois dans le canal sans qu'il fût bien sensible dans les veines. Westrumb a vu le chlorhydrate de potasse d'un bain passer dans les veines, le canal thoracique et plusieurs des ganglions lymphatiques d'un chien. Müller a retrouvé du cyanure potassique dans la lymphe sous-cutanée d'une grenouille, dont les pattes de derrière avaient été maintenues pendant deux heures dans une dissolution de ce sel.

Quelques-uns des derniers faits que l'on a donnés comme des preuves de l'absorption par les vaisseaux lymphatiques ne sont pas rigoureusement concluants, en raison, d'une part, de la possibilité du reflux du sang dans le canal thoracique, et, d'autre part, de la promptitude avec laquelle le sang dissémine dans l'économie les substances que les veines ont absorbées en même temps que les vaisseaux lymphatiques. En effet, le sang, qui reflue très facilement dans le canal thoracique, surtout chez le cheval et les autres solipèdes, soit pendant la vie, soit lors des dernières convulsions des animaux et après la mort, peut y amener les substances absorbées par les veines. C'est probablement ce qui a dû arriver plusieurs fois, notamment lorsqu'on retrouvait au bout de deux à trois minutes vers l'insertion du canal les substances mises en contact avec les surfaces absorbantes. La lenteur avec laquelle les lymphatiques absorbent et charrient les produits dont ils se sont chargés, les proportions minimes de substances étrangères qu'ils absorbent, n'expliquent point parfaitement l'arrivée si prompte de ces substances dans le canal thoracique. D'un autre côté, ainsi que le fait très judicieusement observer M. Bérard, la rapidité de la circulation est telle que les substances étrangères, une fois engagées dans les veines, arrivent au cœur et sont distribuées à toute l'économie en moins d'une minute. Alors elles peuvent passer dans les lymphatiques avec les autres matériaux de la lymphe et faire croire ainsi à une absorption qui serait opérée primitivement par ces derniers vaisseaux.

L'action absorbante des vaisseaux lymphatiques est encore démontrée par une autre série de faits dont la valeur est incontestable.

Ce sont ces vaisseaux qui dans l'intestin se chargent si évidemment d'une partie des principes assimilables des aliments et spécialement des matières grasses. On les voit se gonfler pendant la digestion intestinale et charrier, comme nous le démontrerons plus tard, des quantités énormes de chyle et, lorsque la fonction se suspend, ils reviennent sur eux-mêmes, restent à peu près vides et tellement petits qu'ils sont à peine visibles. Les proportions de fluide qu'ils transportent varient suivant les périodes et l'activité de la digestion ; ses caractères physiques et sa composition se modifient suivant la nature des aliments. Chez le chien, où ils sont habituellement pleins d'un fluide blanc et coagulable, sous l'influence d'une alimentation animale, ils se gorgent, comme l'a vu Ernest Burdach, d'un liquide aqueux et à peine coagulable, d'une teinte très légèrement opaline lorsqu'on a ingéré dans l'estomac de cet animal une certaine quantité d'eau avec les aliments. Ces mêmes vaisseaux qui, chez les herbivores à la mamelle, pompent un chyle lactescent comme celui des carnassiers, ne se chargent plus que d'un chyle légèrement trouble et opalin dès que ces animaux vivent de substances végétales pauvres en matières grasses. Ils ne prennent dans l'intestin des ruminants dont les fonctions intestinales sont languissantes, qu'un fluide séreux, peu coagulable si les aliments sont très

délayés. Enfin, ils n'absorbent qu'un chyle limpide incoagulable, à peu près complétement privé de fibrine et d'albumine, comme je l'ai observé chez la vache, lorsque l'intestin sans aliments est rempli par les boissons. Alors évidemment les lymphatiques au lieu de se charger d'une émulsion de matières grasses et d'une solution fibrino-albumineuse, n'absorbent pour ainsi dire que de l'eau entraînant avec elle les sels qu'elle a pu dissoudre.

Au sein des organes, dans la trame des tissus, l'action absorbante des lymphatiques n'est pas moins évidente que dans l'intestin. Là ces vaisseaux sont presque à eux seuls chargés de la résorption de matériaux qui se trouvent en dehors des capillaires. N'ayant aucune communication avec ceux-ci, ils ne peuvent en recevoir directement la lymphe ; ils en puisent les éléments dans la matière organisée qui n'est plus comprise dans le torrent de la circulation ; ils les élaborent, semblent les métamorphoser pour en former un fluide toujours identique avec lui-même, qu'ils viennent déverser ensuite dans la masse du sang. C'est là ce qui constitue leur rôle capital dont l'étude sera faite lorsque nous traiterons des phénomènes intimes de la nutrition.

Tout en se chargeant d'absorber les matières organiques destinées à la formation de la lymphe, les vaisseaux lymphatiques puisent encore des substances qui se trouvent accidentellement déposées, soit à la surface des membranes, soit dans l'épaisseur des tissus.

On les voit se gorger de liquide et se dessiner sous la peau immédiatement après la mort, sur les chevaux dont les extrémités sont infiltrées ; ils se trouvent pleins d'une lymphe claire et légèrement citrine à la région sous-lombaire, à l'entrée du bassin, sur les cadavres d'animaux chez lesquels il y a beaucoup de sérosité dans le péritoine. Il en est de même pour ceux du diaphragme, du médiastin et de l'entrée du thorax dans le cas d'épanchements pleurétiques, pour ceux de l'aine dans les engorgements du poitrail et en général pour tous ceux qui avoisinent les parties qui sont le siége d'infiltrations œdémateuses. La dilatation et la plénitude de ces vaisseaux deviennent très sensibles immédiatement ou même quelques heures après la mort, car ils continuent encore à absorber et à faire progresser la lymphe. Leur réplétion est quelquefois manifeste sur l'animal vivant, comme on le voit pour les lymphatiques du cordon testiculaire, en pratiquant la castration, lorsqu'il existe un sarcocèle énorme ou une hydropisie de la gaîne vaginale.

Ces vaisseaux paraissent se charger dans quelques circonstances des matières colorantes de la bile ; du moins on a vu ceux du foie pleins d'une lymphe jaunâtre, sur des animaux dont le canal cholédoque avait été lié. Probablement ce sont eux qui conduisent aux ganglions bronchiques ce pigment noir qui y existe chez le cheval comme chez l'homme et plusieurs animaux. Ils s'irritent et deviennent douloureux à partir d'une plaie où des virus, des matières septiques ont été déposés. Les ganglions auxquels ils se rendent s'engorgent dans ces circonstances et s'abcèdent quelquefois. Les engorgements de cette nature sont fort communs chez les solipèdes aux ganglions intra-maxillaires, dans l'angine, la gourme, la morve. On a observé quelquefois du pus dans l'intérieur de ces vaisseaux, au voisinage de tumeurs en suppuration, de vastes abcès, de cancers, etc. Mais on ne sait si ce produit morbide avait été absorbé par les vaisseaux ou sécrété par leurs parois en-

flammées. J'en ai vu le grand vaisseau lymphatique droit du cheval rempli sur un sujet dont j'étudiais le canal thoracique et les ganglions axillaires.

Ainsi les lymphatiques absorbent, mais ils sont principalement chargés de ce qu'on appelle les absorptions nutritives. Ils s'emparent des substances qui, momentanément fixées dans les tissus et mises en dehors de la circulation, doivent rentrer dans la masse générale du fluide nutritif. Ils se chargent aussi des matières préparées à l'assimilation dans les voies digestives. Au delà de ces limites leur rôle devient très borné. Ils n'absorbent qu'avec lenteur les matières étrangères et ne les admettent qu'en très petite quantité. Encore ne les admettent-ils pas toutes indistinctement. Comme s'ils exerçaient à leur égard une sorte de sélection, ils se chargent de l'eau, d'une petite quantité de sels, et semblent ne pouvoir saisir la plupart des substances minérales, les matières colorantes végétales et les principes volatils ou aromatiques. Ces vaisseaux possèdent, suivant la très judicieuse remarque de Müller, une sensibilité spéciale pour les matières étrangères. « La résorption de celles-ci les rend douloureux, quelquefois même les enflamme et les tuméfie, et alors ils se prononcent au travers de la peau sous la forme de stries rouges. Dans les mêmes circonstances les ganglions lymphatiques situés au voisinage du lieu où s'effectue la résorption, acquièrent plus de volume et deviennent douloureux aussi. En général, le gonflement disparaît quand il n'y a plus de nouvelle matière absorbée; mais parfois les ganglions sont pris d'inflammation et suppurent. C'est ainsi que les ganglions du voisinage se tuméfient après l'insertion d'un poison animal sous l'épiderme, après l'application d'un vésicatoire, après la morsure des serpents, après les frictions avec la pommade stibiée, après des frictions mercurielles autour d'un furoncle ou d'une partie enflammée. Les ganglions du mésentère paraissent être avec l'intestin dans le même rapport que les ganglions superficiels avec la peau, car ils s'enflamment dans l'inflammation et la suppuration de l'intestin. »

Le système lymphatique, dont l'absorption paraît si faible et si lente, fait cependant pénétrer dans le torrent de la circulation une quantité énorme de liquide qui concourt à la reconstitution du sang. Le produit de cette absorption, quels qu'en soient les matériaux, constitue ce qu'on appelle la lymphe.

Ce liquide, dont la composition n'est probablement pas identique dans toutes les parties du système, peut être obtenu aisément, en plusieurs points, sur les grands animaux et particulièrement sur le cheval et le bœuf, aux vaisseaux lymphatiques accolés à la trachée dans la région cervicale, à ceux des ganglions placés à l'entrée du thorax, de même qu'aux vaisseaux satellites de la veine saphène. Il suffit pour cela de mettre ces vaisseaux à découvert sur une partie de leur trajet, de les inciser et d'y fixer de petits tubes par lesquels la lymphe s'échappe parfaitement pure et sans jamais se mêler, soit avec le sang, soit avec la sérosité du tissu cellulaire. A l'aide d'un tube de 2 à 3 millimètres de diamètre adapté aux gros lymphatiques des ganglions situés chez le bœuf en avant de l'appendice trachélien du sternum, on en obtient des quantités fort considérables. On peut aussi sur le cadavre, immédiatement ou quelques heures après la mort, en recueillir assez pour l'examiner. Dans tous les cas il faut bien se garder de prendre ce fluide dans le canal thoracique où il est toujours mêlé, chez les herbivores, à une certaine proportion de chyle

provenant des aliments dont l'intestin ne se débarrasse jamais complétement, quelle que soit la durée de l'abstinence.

La lymphe est un fluide transparent, d'une légère teinte citrine, dans presque toutes les parties de l'économie, notamment à la face interne de la cuisse, au canal inguinal, au médiastin, sur le trajet de la trachée. Elle prend assez souvent une teinte un peu rosée aux vaisseaux sous-lombaires, à ceux de l'entrée du thorax, surtout chez les animaux solipèdes. Cette teinte rougeâtre se prononce davantage aux lymphatiques de la rate, comme Hewson, Tiedemann et Gmelin l'avaient déjà remarqué; mais elle ne s'y observe pas constamment, ainsi que Müller l'a noté pour le bœuf et Seiler pour le cheval. La lymphe qui provient des différentes parties du corps prend, d'après les observations de M. Magendie sur le chien, d'après celles de Tiedemann et Gmelin sur le cheval et la brebis, une couleur rougeâtre, par suite d'une abstinence plus ou moins prolongée, couleur qui deviendrait plus vive au contact de l'air. Mais il m'a semblé que dans ces circonstances la teinte rougeâtre n'appartenait qu'à la lymphe impure du canal thoracique, et à celle de quelques gros vaisseaux voisins des ganglions.

La lymphe a une odeur peu prononcée qui rappelle parfois celle de l'animal dont elle provient. Sa saveur est légèrement salée et sa réaction alcaline. Elle se coagule difficilement et à un faible degré dans les petits vaisseaux après la mort. Elle ne se coagule pas encore bien dans les grosses branches sous-lombaires, dans celles des ganglions du thorax et les gros lymphatiques du cou, même lorsque son cours est ralenti ou intercepté; mais elle commence à se prendre en un caillot peu consistant dans le canal thoracique. Extraite de ses vaisseaux, elle se prend en masse, et bientôt se sépare en deux parties: un caillot très léger, qui se rétracte avec lenteur, et un sérum limpide. Je n'ai jamais vu qu'elle prît en se coagulant une teinte rosée avec des stries rougeâtres dans sa masse. Elle reste constamment jaunâtre, citrine, à moins qu'elle ne se trouve mêlée à des globules de sang. Son caillot est léger, spongieux, translucide, formé de filaments de fibrine feutrés dans tous les sens; il est très friable et, dès qu'il est brisé, ses fragments nuageux se tiennent en suspension dans le sérum.

La lymphe, examinée au microscope, montre des globules peu nombreux signalés par Hewson et décrits par divers observateurs. Ces globules sont sphériques et incolores, insolubles dans l'eau, et susceptibles de se conserver longtemps dans ce liquide sans altération. Ils paraissent, pour la plupart, à peu près semblables aux globules non émulsifs du chyle. Müller a observé ceux de l'homme et de la grenouille; il les a vus sphériques, clairs et plus petits que ceux du sang. Leur étude est encore à faire en ce qui concerne la plupart des animaux, et notamment les mammifères. Ceux du cheval, du bœuf et de la brebis sont de dimensions inégales. Il en est de beaucoup plus gros que les globules du sang, et c'est la plus grande partie; il en est d'autres qui ont à peu près le même diamètre que ceux-ci, et enfin on en voit de plus petits. Ils se montrent pour la plupart sphériques, légèrement granulés, clairs, comme argentins. Ils existent, suivant la remarque de Müller, dans la lymphe qui n'a point encore traversé de ganglions comme dans celle qui y a passé; par conséquent on ne saurait admettre, avec quelques physiologistes, que les globules de lymphe se forment dans ces organes.

La composition chimique de la lymphe a été déterminée pour quelques animaux.

M. Chevreul a trouvé celle du chien prise dans le canal thoracique après plusieurs jours d'abstinence, composée de : eau, 926,4 ; fibrine, 4,2 ; albumine, 61,0 ; chlorure de sodium, 6,1 ; carbonate de soude, 1,8 ; phosphate de chaux, phosphate de magnésie et carbonate de chaux, 0,5. Cette lymphe recueillie dans le canal thoracique était à peu près pure, car l'estomac et l'intestin du chien se débarrassent de leurs aliments après quelques jours d'abstinence. Néanmoins elle pouvait encore être mêlée à un peu de sang, qui aurait reflué dans le canal.

M. Lassaigne a soumis à l'analyse celle du cheval prise aux vaisseaux lymphatiques du cou. Il l'a trouvée composée sur 1000 parties de : eau, 925 ; albumine, 57,36 ; fibrine, 3,30 ; chlorure de sodium et de potassium, soude et phosphate de chaux, 14,34.

M. Clément a trouvé celle de ce solipède que j'avais recueillie au moyen d'un tube d'argent fixé aux lymphatiques de l'encolure composée ainsi qu'il suit : eau, 957,208 ; albumine, 33,034 ; fibrine, 0,511 ; matières grasses, 0,287 ; sels solubles, 8,960 et traces de fer.

Il paraît, d'après quelques recherches comparatives, que la composition de la lymphe varie suivant les circonstances dans lesquelles se trouvent les animaux, et notamment suivant les périodes de l'abstinence ; mais les analyses tentées à cet égard sont peu nombreuses et trop incomplètes pour qu'on puisse en tirer des conclusions certaines.

En mettant en parallèle le chyle avec la lymphe, sous le rapport de leurs divers caractères et de leur composition, on voit qu'il y a entre ces deux fluides une très grande analogie. Tous les deux destinés à la reconstitution du sang, ils contiennent de la fibrine, de l'albumine et des globules blancs de diverses dimensions avec des substances minérales et salines. Bien que le chyle dérive des matières étrangères et la lymphe des propres matériaux de l'économie, l'un et l'autre ont pourtant la même nature essentielle et la même aptitude à se transformer en sang. Le chyle n'a de plus que la lymphe qu'une certaine proportion de matières grasses : c'est de la lymphe mêlée à des globules graisseux, qui ne tarderont pas à être brûlés dans le poumon ou déposés dans le tissu adipeux. Voici au reste une analyse de Rees, qui fait voir à la fois les rapports et les différences qui existent entre ces deux fluides recueillis sur l'âne, l'un aux gros chylifères, qui se portent des ganglions du mésentère au réservoir sous-lombaire, l'autre aux vaisseaux lymphatiques des membres postérieurs.

	CHYLE.	LYMPHE.
Eau.	90,237	96,536
Albumine.	3,516	1,200
Fibrine.	0,370	0,120
Matière soluble dans l'eau et l'alcool.	0,332	0,240
Matière animale soluble dans l'eau.	1,233	1,319
Matière grasse.	3,601	traces
Chlorure, sulfate, carbonate et phosphate alcalins, oxyde de fer.	0,711	0,585
	100,000	100,000

CHAPITRE XXXI.

DE L'ABSORPTION VEINEUSE.

Le système veineux n'a pas seulement pour action de ramener au cœur le sang que les artères ont distribué à toutes les parties de l'économie, il sert encore à puiser sur les surfaces diverses et dans la trame des tissus les matériaux qui doivent rentrer en circulation. Son rôle d'absorption n'est pas moins évident et moins remarquable que celui des vaisseaux lymphatiques.

L'absorption veineuse, qui s'effectue partout, parallèlement avec l'absorption lymphatique, s'opère seule chez les animaux invertébrés où les vaisseaux blancs n'existent point, et dans les parties où ceux-ci semblent manquer chez les animaux supérieurs. Elle constitue ainsi une action plus générale que l'absorption lymphatique, et nous verrons, en l'étudiant sous ses divers aspects, qu'elle prend souvent sur l'autre une prééminence marquée par l'activité avec laquelle elle s'empare des matières étrangères, et la rapidité qu'elle met à les transporter.

La participation des veines à l'absorption est établie d'une manière péremptoire par un grand nombre d'expériences.

MM. Magendie et Delille (1) ont mis à découvert une anse intestinale qu'ils ont liée à ses deux extrémités. Ils ont appliqué des ligatures sur tous les lymphatiques, et les ont ensuite coupés en travers. Enfin, après avoir également lié et coupé les vaisseaux sanguins, à l'exception d'une artère et d'une veine, ils ont injecté dans cette anse de la noix vomique délayée. Au bout de six minutes les effets de l'agent toxique se sont manifestés avec leur intensité ordinaire. Évidemment, dans cette circonstance, l'absorption a eu lieu par les veines et par les veines seules, car tous les lymphatiques étaient liés et coupés; il ne pouvait en subsister aucun, puisque la tunique celluleuse des deux vaisseaux sanguins laissés intacts avait été enlevée.

Les mêmes expérimentateurs ont séparé du tronc le membre postérieur d'un chien, au niveau de la cuisse, en laissant intactes l'artère et la veine crurale, dont la tunique celluleuse était enlevée, afin de détruire les lymphatiques qui pouvaient ramper autour de ces vaisseaux. Deux grains d'un poison très subtil, l'upas tieuté, furent enfoncés dans la patte. L'empoisonnement fut aussi prompt que si la cuisse n'eût point été séparée du tronc. Pour mieux s'assurer qu'il ne restait plus de lymphatiques autour des vaisseaux conservés, l'artère et la veine furent coupées en travers et leurs extrémités réunies par des tuyaux de plume. L'intoxication eut lieu comme dans les circonstances ordinaires. Si l'on comprimait la veine lorsque les premiers effets de l'upas commençaient à se montrer, ils cessaient bientôt, puis ils réapparaissaient dès que les vaisseaux devenaient libres. En répétant cette expérience simplifiée sur le cheval, j'ai obtenu les mêmes résultats. La noix vomique injectée dans l'anse intestinale a déterminé les convulsions tétaniques et la mort à peu près aussi vite que dans les conditions ordinaires.

M. Magendie lie le canal thoracique à un chien, puis lui fait avaler de la noix

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 203.

vomique. A un autre animal de cette espèce, dont le canal était également lié, il injecte la substance vénéneuse dans le rectum. L'empoisonnement se produit comme lorsque le canal thoracique est libre. Conséquemment le poison a été absorbé par les veines, et il n'a pu parvenir que par elles dans le torrent circulatoire, car dans ces deux cas le conduit de la lymphe et du chyle était unique.

Un résultat semblable au précédent est obtenu lorsque, après la ligature du canal, l'upas est déposé, soit dans la cavité du péritoine, soit dans le tissu cellulaire sous-cutané des membres postérieurs. Déjà, lorsque le canal thoracique avait été lié, Brodie avait vu le woorora, déposé dans les pattes de derrière, tuer rapidement les petits animaux, Mayer et Westrumb avaient retrouvé dans l'urine le cyanure injecté dans l'estomac; enfin, plus anciennement encore, Fontana avait observé que le venin de la vipère cause la mort, bien que le canal ait été coupé en travers avant la morsure.

J'ai lié le canal thoracique à un cheval et compris une anse intestinale entre deux ligatures très serrées, éloignées l'une de l'autre d'environ 1 mètre et demi, puis j'ai lié en masse les lymphatiques de cette anse et injecté dans son intérieur une dissolution de 25 grammes de cyanure de fer et de potassium. Au bout de six minutes, le sérum du sang des veines de l'anse interceptée prenait une teinte bleuâtre par son contact avec le persulfate de fer. Évidemment, dans cette circonstance, le cyanure indiqué par le réactif avait été absorbé par les veines, car si quelques atomes de ce sel avaient été saisis par les chylifères restés libres autour des vaisseaux sanguins, ils n'eussent pu parvenir au centre de la circulation.

J'ai lié une anse intestinale à ses deux extrémités, et coupé en travers les lymphatiques de cette anse, dans laquelle j'ai injecté ensuite 40 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique délayée. Le sang de la veine demeurée libre a été recueilli : il avait l'amertume caractéristique de la noix vomique, et les grenouilles qui y furent baignées pendant une demi-heure moururent empoisonnées avec tous les symptômes que détermine la strychnine.

Ces diverses expériences établissent clairement que l'absorption s'opère, et s'opère très vite, par les veines. Il en est d'autres moins concluantes, qui conduisent à la même démonstration.

Mayer ayant injecté du prussiate de potasse dans la trachée, retrouva ce sel dans le sang au bout de deux à cinq minutes. Le prussiate apparut dans le sang avant d'être dans le chyle : sa présence fut constatée dans le cœur gauche avant de l'être dans le cœur droit. Panizza trouva également le sel dans le sang avant de le voir dans le chyle du canal thoracique et dans les lymphatiques du poumon. La promptitude avec laquelle la substance saline a passé dans les voies de la circulation fait supposer que celle-ci y est arrivée par les veines. De plus, la présence du prussiate dans les lymphatiques du poumon, lorsque déjà ce sel s'est montré dans le sang, prouve qu'il a été absorbé par les veines. La question de temps est ici extrêmement importante, car, d'après Mayer, on retrouverait huit minutes après l'injection le cyanure dans l'urine, la sérosité du péritoine, des plèvres, la synovie des articulations, etc.

Ségalas sépare par deux sections une anse intestinale du reste de l'organe : il lie les artères et les veines, en laissant libres les vaisseaux lymphatiques, puis il injecte dans cette anse une dissolution d'extrait alcoolique de noix vomique. La substance

vénéneuse y demeure pendant une heure sans déterminer d'empoisonnement. Cet expérimentateur, dans une autre circonstance, laisse une artère libre et une veine : le sang de celle-ci coule à l'extérieur. Le poison reste également sans effet. On conclut de ce fait que non seulement les veines absorbent, puisque leur ligature empêche l'empoisonnement, mais encore qu'elles absorbent seules, puisque les lymphatiques restés libres n'ont pu se charger de la quantité de noix vomique suffisante pour tuer l'animal. Cette déduction n'est pas, comme on a pu le voir déjà, très rigoureuse, car, d'une part, les vaisseaux sanguins du mésentère sont tellement rapprochés, chez le chien, qu'en les liant on lie en même temps les lymphatiques les plus considérables, et on ne laisse que les plus petits; d'autre part, il peut arriver qu'une petite quantité de poison soit absorbée, tout en restant insuffisante pour tuer en une heure. En attendant plus longtemps, et en opérant sur le cheval, par exemple, où il y a une très grande quantité de lymphatiques dans un seul espace intervasculaire, on arrive à observer des phénomènes d'intoxication qui mettent en évidence l'absorption des lymphatiques. D'ailleurs en expérimentant, même sur le chien, avec un poison plus actif que la noix vomique, comme l'acide cyanhydrique, par exemple, on tue les animaux. Du moins c'est ce que j'ai eu l'occasion de constater.

Fodera a enfermé dans une anse intestinale, liée à ses deux extrémités, du prussiate de potasse, et il a fait plonger cette anse dans une solution de sulfate de fer. En moins d'une demi-heure les veines charriaient un sang bleuâtre, en même temps que les lymphatiques transportaient un fluide coloré. Les dissolutions salines avaient donc passé dans les veines.

On a même constaté ce passage des substances salines dans les veines par un grand nombre d'expériences dues à MM. Tiedemann et Gmelin, Magendie, Panizza et d'autres. Mais comme dans ces expériences on n'a pas toujours tenu compte du temps qui s'est écoulé entre le moment où le sel a été mis en contact avec la surface absorbante et celui où il a été retrouvé, on est en droit d'objecter que la substance pouvait être absorbée par les lymphatiques, qui l'auraient ensuite apportée dans le sang. Le résultat est ici entouré de trop de causes de complications, pour qu'on puisse considérer l'expérience comme rigoureuse.

Les matières colorantes, qui paraissent ne point passer dans les lymphatiques, sont probablement absorbées par les veines, puisqu'on les retrouve dans les produits de sécrétion ou dans les tissus. Ainsi l'indigo, administré par les voies digestives, finit par donner une teinte bleue au lait et à l'urine; la garance rougit les os et d'autres tissus. Mais de ce que ces substances ne sont point vues dans le chyle ou dans la lymphe, il ne faut pas conclure que les veines seules les ont absorbées. Il peut très bien se faire qu'elles soient prises aussi par les vaisseaux blancs en proportions trop minimes pour y être facilement reconnaissables.

Les matières odorantes passent très vite dans les veines, sans qu'on puisse le plus souvent les reconnaître dans le chyle. Divers observateurs ont reconnu au sang l'odeur du musc, du camphre, de l'assa fœtida, de l'alcool, lorsque ces substances avaient été ingérées dans l'estomac et l'intestin. On s'assure de ce fait de la manière la plus évidente en injectant, dans une anse intestinale fermée, de l'acide cyanhydrique, après avoir adapté à une veine de cette anse un long tube de

caoutchouc, qui sort de l'abdomen et conduit le sang à l'extérieur. Alors on reconnaît à ce sang, et pendant longtemps, une très forte odeur d'amandes amères. Cette odeur est encore très sensible lorsque l'acide est disséminé dans toute la masse du sang, car elle est déjà très prononcée dans celui de la jugulaire deux à trois minutes après qu'on a injecté l'acide dans l'intestin du cheval. Flandrin, qui a tant contribué à rendre aux veines le rôle qui leur appartient dans l'absorption, trouvait au sang de l'intestin grêle une odeur légèrement herbacée; à celui du cœcum, un goût piquant, une odeur urineuse faible, enfin au sang des veines du côlon, ces derniers caractères au plus haut degré. Il était parvenu à distinguer parfaitement ces diverses espèces de sang qu'on recueillait dans des vases séparés. En examinant attentivement le contenu des veines intestinales, on croit reconnaître que le sang de l'intestin grêle n'a ni la même odeur, ni la même saveur que celui du cœcum et du côlon, et l'on s'explique cette différence en se rappelant que les principes aromatiques, certaines substances sapides, sont absorbés par les veines, et que les sucs versés dans le tube digestif sont eux-mêmes résorbés en plus ou moins grande partie. Mais il faut noter aussi qu'aussitôt après la mort les gaz intestinaux et les liquides transsudent à travers les membranes, et viennent imprégner le sang accumulé dans les veines. Enfin ces gaz et ces liquides peuvent encore se mêler au sang lorsque celui-ci, au moment où on le recueille, coule à la surface des viscères.

La présence du sucre dans le sang de la veine porte, observée par Tiedemann et Gmelin sur des animaux nourris de principes sucrés ou féculents, et par d'autres expérimentateurs, en différentes circonstances, est aussi une preuve de l'absorption veineuse.

Enfin il est encore une foule d'arguments que les physiologistes invoquent pour démontrer la part que les veines prennent à l'absorption; mais ces derniers sont pour la plupart équivoques ou sans valeur réelle.

Ainsi la présence du chyle dans le sang, sous l'aspect de stries blanchâtres, que Swammerdam, Glisson, Tiedemann, Gmelin et d'autres ont cru reconnaître, n'est qu'une illusion. Il n'y a pas de stries blanches dans le sang de la veine porte, et les globules blancs, qui s'y trouvent avec les globules sanguins, ne diffèrent pas des autres globules blancs que contient le sang artériel, de même que le sang veineux de tout le reste du corps.

L'augmentation de la partie aqueuse du sang, après quelques heures, chez les animaux qui ont bu beaucoup, ne prouve nullement que les veines aient absorbé l'eau ingérée dans les voies digestives. Cette absorption s'est opérée à la fois par les veines et les lymphatiques.

La présence dans le foie d'une forte proportion des substances minérales ou des poisons administrés par les voies digestives n'implique nullement que ces matières aient été absorbées par les veines et portées par elles dans la glande. Les poisons se trouvent là en très grande quantité, comme ils se trouvent dans tous les organes très vasculaires; et ils s'y accumulent en grande masse, parce que le foie, de même que les reins, se charge de leur élimination. Lorsque le cyanure de fer et de potassium, par exemple, est ingéré en très petite quantité dans l'intestin, il se retrouve bientôt dans la bile et le mucus des canaux excréteurs du foie, dans l'urine des reins et de la vessie.

L'exiguïté, l'étroitesse du canal thoracique, que tant d'auteurs, depuis Haller, regardent comme un argument en faveur de l'absorption par les veines, ne prouve absolument rien. Le canal thoracique, si petit qu'il soit, peut, s'il est simple, donner passage chez le bœuf, en une période de vingt-quatre heures, à une centaine de litres de liquide, c'est-à-dire à une masse de chyle et de lymphe, qui représente quatre à cinq fois celle du sang. L'illustre physiologiste du dernier siècle se fût moins inquiété de rechercher une autre voie pour le passage des boissons, s'il eût connu l'énorme quantité de liquide qui traverse en un jour la veine blanche du thorax.

La prétendue incoagulabilité du sang de la veine porte, l'excédant de diamètre des veines, comparées aux autres, l'absence des lymphatiques chez les invertébrés, l'induration si fréquente des ganglions mésentériques, sont des arguments qui ne prouvent rien en faveur de l'absorption exercée par les veines.

Ainsi les veines absorbent; elles absorbent avec énergie, avec rapidité; ce sont elles qui portent dans la masse du sang ces poisons qui tuent presque aussitôt après leur application aux surfaces perméables. Dès qu'on les lie, on suspend les phénomènes de l'empoisonnement. Leur absorption a lieu partout, dans l'intestin comme dans tout le reste du corps, bien qu'aux voies digestives un système chylifère très développé jouisse d'une activité que ne possèdent pas au même degré les autres vaisseaux lymphatiques.

Les veines prennent part aux absorptions intestinales et nutritives comme les lymphatiques, quoique dans des limites moins étendues et moins bien déterminées. Elles paraissent servir seules à la résorption des produits épanchés dans la substance cérébrale et dans l'œil; elles concourent à la résorption du cal, à celle des tumeurs osseuses, des tumeurs molles dans lesquelles on voit peu de vaisseaux lymphatiques. Mais on conçoit que dans ces circonstances, les matières résorbées étant difficiles à reconnaître dans le sang, leur présence ne peut plus servir à mettre en évidence la participation des veines.

CHAPITRE XXXII.

DE L'ABSORPTION SUPERFICIELLE.

Sous cette dénomination collective, nous comprenons toutes les absorptions qui s'effectuent à la surface de la peau, des muqueuses et des membranes séreuses. Les unes s'opèrent sur les surfaces qui sont en rapport, médiat ou immédiat, avec l'extérieur, c'est-à-dire sur la peau et les muqueuses; les autres ont lieu sur les surfaces qui n'ont aucune communication avec le dehors, c'est-à-dire sur les surfaces des cavités closes de toutes parts ou des membranes séreuses.

I. De l'absorption cutanée.

La peau, destinée à envelopper l'animal et à le protéger contre l'action des éléments avec lesquels il est en contact, a été organisée de manière à ne pouvoir absorber qu'à un très faible degré. L'épiderme qui la recouvre chez tous, le mucus, les écailles, les coquilles, les productions qui la revêtent chez un certain

nombre d'entre eux, deviennent des obstacles plus ou moins insurmontables à l'accomplissement d'une fonction si active à la surface des membranes muqueuses. Il faut rechercher ici comment cette enveloppe peut absorber, déterminer les conditions diverses et les limites de cette absorption.

Les animaux inférieurs qui vivent dans l'eau ont un tégument extérieur très perméable, dont l'organisation diffère très peu de celle des membranes muqueuses : aussi absorbent-ils activement par l'extérieur comme par l'intérieur. L'hydre, accidentellement retournée, digère par la peau devenue membrane muqueuse, et elle continue à absorber par sa membrane interne transformée en enveloppe cutanée. Les mollusques nus, d'après Spallanzani, et les batraciens, d'après les expériences d'Edwards, absorbent beaucoup d'eau quand ils sont replongés dans ce liquide, après avoir séjourné longtemps dans un milieu sec. Les mêmes animaux absorbent facilement par leur peau, fine et enduite de mucus, les sels et les substances vénéneuses avec lesquelles on les met en contact.

Les animaux des classes supérieures ont un tégument qui n'est point favorablement disposé pour absorber. La plupart des reptiles sont recouverts d'écailles plus ou moins épaisses réunies en une enveloppe partout continue avec elle-même; les oiseaux ont des plumes, les mammifères des poils très rapprochés, et il y a, dans les intervalles de ces productions, un épiderme formé de plusieurs couches de cellules. Cet épiderme est fort épais chez les mammifères aquatiques, tels que les phoques et les cétacés; il l'est également beaucoup chez les mammifères à peau nue des climats chauds, comme le tapir, le rhinocéros, l'éléphant, l'hippopotame; de plus il est enduit, dans ces derniers, d'une matière sébacée, onctueuse, qui augmente son imperméabilité.

Parmi nos espèces domestiques, les oiseaux de basse-cour sont incontestablement ceux dont la peau réunit les conditions les plus favorables à l'absorption; viennent ensuite le mouton, qui a le tégument si souple et si fin; le chat, le lapin, le chien, qui l'a si vasculaire, puis le porc, les grands ruminants et les solipèdes. Chez tous la peau de l'encolure, du dos, des reins, de la croupe et des régions inférieures des membres, est plus dense, moins vasculaire et recouverte d'un épiderme moins perméable que celle des lèvres, du pourtour des naseaux, des yeux, du périnée et de la face interne de l'avant-bras et de la cuisse.

L'absorption cutanée, abstraction faite des espèces d'animaux et des régions du corps, jouit d'une activité variable suivant diverses circonstances : 1° elle est très faible et très lente lorsque l'épiderme est intact; 2° elle devient plus active lorsque les couches superficielles de l'épiderme sont entamées et enlevées; 3° elle le devient davantage encore quand le revêtement épidermique, complétement détaché, laisse la surface du derme à nu; 4° enfin elle s'y opère à un haut degré lorsque ce tégument est gercé, crevassé, c'est-à-dire lorsque son tissu est transformé en plaie ou en surface accidentelle. Il importe de tenir compte de ces conditions diverses pour apprécier, à leur juste valeur, les faits qui démontrent la faculté absorbante de la peau, et qui permettent d'en déterminer les limites.

La peau intacte peut absorber de l'eau lorsque le corps est plongé dans ce liquide. Le fait est parfaitement établi pour plusieurs invertébrés, pour les batraciens, par exemple. Il est moins bien prouvé pour l'homme, dont le tégument ne possède pas

une grande perméabilité ; mais il ne l'est nullement pour les grands animaux, tels que les mammifères, par exemple. On ignore complétement si le phoque et les cétacés, qui vivent constamment dans l'eau, si l'hippopotame, qui y demeure le plus souvent plongé, si le porc, le sanglier, qui aiment tant à se vautrer dans la fange, absorbent de ce liquide. On n'a jamais cherché à savoir si le mouton qui passe une heure dans un bain, si le cheval, qu'on a conduit à la rivière, ont augmenté de poids. Très probablement on arriverait à constater une légère absorption cutanée, s'il était possible de donner aux recherches de ce genre une précision dont elles ne sont guère susceptibles, car il faudrait pouvoir tenir compte de la transpiration pulmonaire et cutanée, des excrétions diverses et de l'eau qui adhère aux poils et à la surface de la peau.

La peau des oiseaux qui sont appelés à vivre dans l'eau n'absorbe pas au delà de certaines limites, même assez restreintes. Si dans les expériences de Spallanzani et celles de W. Edwards les mollusques, les grenouilles, les couleuvres même absorbaient beaucoup lorsqu'on les plongeait dans l'eau ou dans un milieu très humide, l'activité considérable de l'absorption tenait en partie à l'état de la peau, plus ou moins crispée et desséchée par suite du contact prolongé de l'atmosphère, et aux déperditions de fluides éprouvées dans l'air par ces animaux. Il est facile de voir que chez les espèces aquatiques la peau est protégée contre l'action immédiate de l'eau. Cette membrane est enduite d'un mucus épais chez les batraciens ; elle est recouverte chez les phoques, chez l'hippopotame, d'une matière onctueuse qui empêche l'épiderme de se gonfler, de blanchir et de se détacher. Enfin on sait que le plumage des oiseaux soustrait la peau au contact du liquide.

Le tégument absorbe les gaz aussi facilement que les liquides. Chaussier et d'autres expérimentateurs ont fait mourir des animaux plongés dans de l'hydrogène sulfuré pendant que la tête, libre au dehors des appareils, permettait à ces animaux de respirer un air pur. Les réactifs mirent en évidence le gaz toxique dans les tissus sous-jacents à la peau des sujets ainsi empoisonnés.

La peau absorbe encore divers liquides, tels que les huiles essentielles, les substances en dissolution ou susceptibles de se dissoudre par le produit de la transpiration cutanée. Il faut en donner les preuves.

Müller ayant maintenu les pattes de derrière d'une grenouille dans une solution de prussiate de potasse trouva, au bout de deux heures, que la lymphe sous-cutanée devenait bleue par l'action des sels de fer.

J'appliquai sur toute l'étendue de la peau d'une grenouille, préalablement fixée sur une planchette, une dissolution aqueuse de 1 décigramme de sulfate de strychnine. Un quart d'heure s'était à peine écoulé depuis le moment de l'application de la substance vénéneuse, que l'animal éprouvait des secousses tétaniques. Au bout de vingt minutes l'animal était mort. Cependant il y eut encore pendant un quart d'heure quelques légers mouvements du diaphragme maxillaire qui n'avait pas été touché par le poison.

J'étendis, en une seule fois et en moins d'une minute, la même quantité de sulfate de strychnine sur la peau d'un énorme crapaud. Les convulsions et la roideur tétanique commencèrent à se montrer au bout de quatre minutes, et dix minutes plus tard le batracien ne donnait plus aucun signe de vie.

La même quantité de sel vénéneux en dissolution fut déposée sur la peau d'une salamandre aquatique, et à trois reprises différentes de huit en huit minutes. Les premiers signes de tétanos se manifestèrent à la sixième minute de l'expérience, mais l'animal ne mourut qu'après trois heures.

J'étendis sur la peau d'un gros lézard vert, et à plusieurs reprises, une dissolution aqueuse de 25 centigrammes de sulfate de strychnine. Au bout d'une heure et demie le reptile était paralysé. Ses membres, étendus et appliqués sur les côtés du corps, n'éprouvaient que de faibles secousses convulsives, soit spontanément, soit sous l'influence d'une excitation extérieure. La respiration était suspendue et la queue complétement privée de mouvement. Cet état se prolongea pendant quinze heures et l'animal mourut.

J'appliquai de la même manière et à plusieurs reprises, pendant trois heures, une dissolution de 1 gramme de sulfate de strychnine sur la peau d'une énorme couleuvre à collier convenablement fixée. Six heures après le commencement de l'expérience le reptile, jusqu'alors très agité, se roula en plusieurs sens sur lui-même et devint immobile ; la peau était plissée et les côtes rapprochées. La respiration était très ralentie. L'animal, bien qu'on l'irritât, ne faisait aucun mouvement et conservait la position que l'on donnait à son corps sans souplesse. Il conserva cet état pendant trois jours et mourut.

Ainsi l'épiderme épais et écailleux des lézards et des serpents n'est point un obstacle invincible à l'absorption.

Je versai à plusieurs reprises sous les ailes et sous le ventre d'un pigeon, dont les plumes étaient intactes, une dissolution de 1 gramme de sulfate de strychnine. L'oiseau commença à éprouver des symptômes d'empoisonnement trois heures après la première application de la substance.

J'étendis en dix fois sous le ventre et la poitrine d'un chat, dont les pattes étaient liées sur une planchette, une dissolution de 2 grammes et demi de valérianate de strychnine. Les lotions durèrent quatre heures. Il n'éprouva de symptômes d'empoisonnement qu'après dix heures, et il mourut seize heures après le commencement de l'expérience.

Je versai lentement sur la région dorso-lombaire d'un cheval, pendant cinq heures, une dissolution de 40 grammes de cyanure de fer et de potassium, en ayant soin de ne pas laisser dessécher la surface sur laquelle le liquide était versé. Au bout de quatre heures et demie, l'urine rendue par l'animal contenait des traces du sel, et quelques heures plus tard les traces étaient encore plus sensibles. L'épiderme n'avait été nullement entamé, car on ne fit jamais de frictions en arrosant la surface avec la dissolution saline.

Je versai sur la région dorso-lombaire d'un cheval, pendant dix minutes, 100 grammes d'essence de térébenthine. L'animal ne tarda pas à éprouver l'irritation vive que produit ce liquide sur la peau des solipèdes, et au bout de deux heures son urine dégageait l'odeur de violette, qui caractérise l'absorption et l'élimination de l'essence.

J'appliquai lentement, à l'aide d'un pinceau fin, 3 grammes d'huile de croton-tiglium à la face interne de la cuisse d'un cheval. Douze heures après, un engorgement considérable s'était développé en dedans des deux cuisses et au périnée ; mais il

n'y avait pas eu de purgation. 6 grammes de la même huile, délayés dans 15 grammes d'alcool, et appliqués de la même manière, produisirent une très légère purgation.

Ainsi la peau si épaisse et si dense du cheval absorbe, même dans les points où elle a le plus d'épaisseur, et sans que l'épiderme soit intéressé. Elle devra absorber beaucoup mieux encore dans les points et chez les animaux où elle est mince, surtout quand son revêtement épidermique aura été intéressé, soit par l'effet des frictions, soit par l'action des substances mises en contact avec elle. C'est en effet ce qui arrive en maintes circonstances.

Lebkuechner (1) frictionna un lapin à plusieurs reprises sous l'abdomen avec une solution de prussiate de potasse. Il ne tarda pas à retrouver dans le sang des artères et des veines, et surtout dans l'urine, le sel absorbé.

Il fit de même des frictions sous le ventre d'un de ces rongeurs avec une dissolution d'acétate de plomb. En moins de vingt-quatre heures, l'animal eut des convulsions et mourut. En faisant agir l'hydrogène sulfuré sur le tissu cellulaire sous-cutané, on y démontra la présence du plomb.

Dans d'autres expériences, il put constater l'absorption du chlorure de barium, de l'ammoniure de cuivre, du camphre, de l'essence de térébenthine, mais souvent, en se servant de substances irritantes et de frictions énergiques, il détermina certainement une pénétration physique.

Les effets de plusieurs médicaments viennent démontrer la réalité de l'absorption cutanée. Tous les praticiens savent que les préparations mercurielles employées en frictions sur la peau déterminent, à la longue, une salivation plus ou moins abondante, une action spéciale sur les mamelles, et chez les ruminants des tremblements, une sorte d'infection mercurielle, qui peut aller, chez le mouton et la chèvre, jusqu'à l'empoisonnement. L'iode et ses composés s'absorbent également; l'huile de croton tiglium en frictions purge le chien; la pommade stibiée peut quelquefois le faire vomir; l'essence de térébenthine, employée de la même manière, va agir sur les reins; l'huile essentielle de la moutarde passe aussi probablement dans le sang, et va stimuler les organes génito-urinaires.

La peau, une fois privée de son épiderme par les préparations vésicantes ou par d'autres causes, peut absorber avec une très grande activité, comme le prouvent les accidents qui résultent de la résorption de la cantharidine. Enfin, lorsque cette membrane est excoriée, dénudée en plusieurs points, lorsqu'elle offre des dartres, des gerçures, des crevasses, elle acquiert à un haut degré la faculté de saisir les substances solubles que l'on met en contact avec elle, comme le sublimé, l'acide arsénieux, etc. Aussi faut-il alors n'user de ces agents toxiques qu'avec une extrême réserve.

Ainsi la peau absorbe, mais à un faible degré et avec lenteur, lorsque son tissu est intact et que son enveloppe épidermique n'est pas détruite. Cette membrane peut rester impunément en rapport, pendant longtemps, avec les substances vénéneuses, qui n'ont pas d'action chimique sur elle. L'acide arsénieux des bains dans lesquels on tient plongé les moutons pendant des heures entières ne détermine jamais de phénomènes d'empoisonnement. La dissolution alcoolique de noix vomique à forte dose, le sulfate de strychnine, dissous dans l'alcool et appliqué sur

(1) *Archives générales de médecine*, Paris, 1825, t. VII.

la peau du cheval, ne déterminent point de convulsions, bien que des quantités fort minimes de ces substances suffisent, étant absorbées, pour produire des effets sensibles. L'acide cyanhydrique lui-même, versé sur ce tégument, ne produit pas d'action appréciable. Cette faculté absorbante, que possède l'enveloppe cutanée, est mise à profit par le médecin dans ce qu'il appelle les méthodes iatraleptique et endermique, méthodes qui mériteraient d'être étudiées sérieusement chez les animaux.

II. De l'absorption par la muqueuse digestive.

La membrane muqueuse des voies digestives n'a pas plus d'uniformité de fonctions que d'identité de structure dans les diverses parties de l'appareil qu'elle tapisse. Concourant à la formation de réservoirs à l'intérieur desquels s'opèrent des actes fort variés, elle se met partout en harmonie d'organisation avec le rôle qu'elle est appelée à remplir : dans certains points elle reste un simple tégument, dans d'autres elle devient plus spécialement un organe de sécrétion, dans d'autres encore un organe d'absorption. A la bouche elle est dense et épaisse, recouverte d'un épithélium pavimenteux ; le pigment de la peau s'y trouve souvent conservé, et les papilles s'y montrent parfois avec un énorme développement. Au pharynx, à l'œsophage, elle possède encore des caractères analogues à ceux qui lui appartiennent à l'entrée du tube digestif ; les fluides qui l'humectent proviennent aussi des glandules qui doublent sa face adhérente. Là elle n'est organisée ni pour la sécrétion, ni pour l'absorption. La texture qui la rendrait apte à exécuter ces deux actions ne lui laisserait pas la solidité qu'elle doit avoir pour résister à l'influence physique des aliments non modifiés avec lesquels elle se trouve momentanément en contact.

Dans l'estomac, les choses changent d'aspect. Les aliments qui n'ont encore éprouvé que quelques changements mécaniques vont s'arrêter dans un réservoir plus ou moins spacieux, et y subir une élaboration essentielle. La muqueuse gastrique va se modifier profondément, ou plutôt se transformer en une vaste glande membraneuse ; en même temps elle acquerra la propriété d'absorber, car les deux facultés de sécréter et d'absorber dérivent de diverses particularités de texture qui ne sont point incompatibles les unes avec les autres. Cependant la muqueuse gastrique ne présente pas toujours une organisation uniforme. Lorsque l'estomac est divisé en plusieurs compartiments, les premiers ne forment que des poches dans lesquelles les aliments se tiennent en dépôt, en attendant leur tour de chymification. Aussi la muqueuse de ces réservoirs conserve-t-elle l'épaisseur, la résistance, l'enveloppe épithéliale qu'elle avait à l'entrée de l'appareil digestif ; c'est ce qu'on voit chez les ruminants, les tardigrades et quelques autres animaux dont nous avons parlé en traitant de la digestion.

Chez les ruminants, on sait que la membrane interne du rumen, du réseau et du feuillet n'est qu'un simple tégument. Là, en effet, elle est mince, très dense, peu vasculaire. Sa surface libre est hérissée de papilles et recouverte d'un épithélium pavimenteux épais et très adhérent ; celui-ci ne se détache aisément que sur le cadavre qui a déjà éprouvé un commencement de décomposition. Cet épithélium, moins perméable aux liquides que celui de la bouche et de l'œsophage, constitue sans doute le principal obstacle à l'absorption dans les premiers compartiments gastriques.

L'organisation de la muqueuse des premiers estomacs des ruminants n'est pas

la seule condition qui indique que l'absorption ne doit pas être bien sensible à la surface de cette membrane; le rôle départi à ces réservoirs implique de toute nécessité la négation d'une telle propriété. En effet, les aliments accumulés en quantité énorme dans la panse des ruminants doivent y être tenus en dépôt pendant un certain temps, puis revenir lentement à la bouche éprouver une nouvelle trituration, et enfin passer dans la caillette et l'intestin grêle. Or ce renvoi des aliments à la bouche ne peut se faire qu'autant que l'aliment est suffisamment délayé. Dès qu'il est desséché, il ne se fractionne plus en petites masses et n'est point susceptible de revenir à la cavité buccale. Pour prévenir la dessiccation des aliments dans des réservoirs dont l'immense surface dépasse de beaucoup celle de la peau, la nature les a tapissés d'un épithélium épais, qui engaîne les papilles et s'insinue exactement dans leurs plus petits intervalles. Sans cet enduit presque imperméable, cette sorte d'émail, le vase immense eût insensiblement perdu la partie fluide de son contenu. Les cellules de la panse des lamas et des chameaux ne conservent si longtemps l'eau qui s'y accumule que parce qu'elles sont tapissées par cette même couche épithéliale. De plus, les aliments n'ont point encore été suffisamment élaborés pour qu'ils puissent céder beaucoup de principes assimilables. Rien de ce que renferment les premiers réservoirs n'a encore éprouvé l'action transformatrice du suc gastrique. Ce serait donc un contre-sens physiologique qu'une absorption dans de telles conditions.

Néanmoins ce serait une erreur de croire que sa muqueuse des premiers estomacs est, par le seul fait de la présence d'un épithélium pavimenteux, totalement dépourvue de la faculté d'absorber. Il est probable qu'elle absorbe un peu, puisque la peau elle-même, malgré l'épaisseur de son épiderme, jouit de cette propriété à un faible degré. Les lymphatiques des premiers réservoirs gastriques et les ganglions qui se trouvent dans leurs scissures pourraient bien servir à cet usage.

La caillette paraît être, à en juger par l'aspect et la nature de sa muqueuse, dans de bonnes conditions pour absorber. Cette muqueuse est épaisse, molle, très vasculaire, semblable en tous points à celle de l'estomac simple des carnivores et à celle du sac droit de l'estomac des solipèdes; de plus, elle offre des lames très longues, ineffaçables par la distension, destinées à augmenter considérablement sa surface, qui est en moyenne pour le bœuf de 1 mètre 20 décimètres carrés, c'est-à-dire cinq fois plus grande que la muqueuse du sac droit de l'estomac du cheval. Toutefois elle ne semble pas absorber avec une très grande activité.

Pour apprécier la faculté absorbante de l'estomac, il importait de prendre une substance dont l'introduction dans les voies circulatoires se décelât avec facilité. L'extrait alcoolique de noix vomique, par l'action qu'il exerce sur le système nerveux et sur les muscles, permet à l'expérimentateur de reconnaître les premiers instants de l'absorption, de suivre celle-ci dans tous ses degrés jusqu'à celui où elle tue. Par le temps qui s'écoule, d'une part, entre le moment de l'ingestion de la substance toxique et celui de ses premiers effets, d'autre part, entre l'apparition de ceux-ci et la mort, on a un moyen de graduer en quelque sorte la vitesse de l'absorption.

Pour juger de l'activité de l'absorption dans la caillette des ruminants, nous avons, M. Bouley et moi, mis à découvert le pylore sur un taureau d'un an, et par une petite incision à cet orifice nous avons injecté dans le quatrième estomac

32 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique délayée dans 300 grammes d'eau tiède. L'animal, après la ligature du pylore et la suture à la plaie de la peau de l'abdomen, fut relevé. Il demeura debout et parfaitement tranquille pendant les quatre heures et demie qui suivirent l'injection. A partir de ce moment il commença à éprouver de légères convulsions. Bientôt il devint très irritable, s'agita au moindre bruit et offrit tous les symptômes de l'empoisonnement par la noix vomique. Vers la fin de la sixième heure, il éprouva une crise violente et tomba en proie à des convulsions terribles. Les battements du cœur s'élevèrent à plus de cent par minute et devinrent tellement forts qu'ils s'entendaient à distance. L'animal mourut sept heures après l'injection.

La substance vénéneuse, bien qu'elle eût séjourné si longtemps dans la caillette du jeune taureau, n'avait pas été totalement absorbée, et ce qu'il en restait n'avait point perdu ses propriétés, car ce qu'on en recueillit après la mort suffit pour empoisonner deux chiens par les voies digestives.

Le fait de l'absorption par la membrane interne de la caillette et de la non-absorption par celle des premiers estomacs mérite d'être pris en considération au point de vue de la thérapeutique. Dès l'instant que les trois premiers estomacs n'absorbent pas sensiblement et que le liquide qu'ils reçoivent, si ce n'est en très grande quantité, ne passe dans le quatrième que très lentement, et au bout d'un temps assez long, ces liquides restent sans effet tant qu'ils ne parviennent pas à la caillette. De plus, les fluides se mêlent avec les aliments et peuvent ainsi changer de caractère ou perdre de leurs propriétés avant d'arriver au réservoir absorbant.

L'absorption dans l'estomac simple ne s'effectue pas toujours avec l'activité que ferait supposer l'organisation de la membrane muqueuse, et l'on se tromperait beaucoup si l'on croyait que la fonction jouit d'une égale activité chez tous les animaux dont l'estomac semble avoir à peu près la même texture et les mêmes propriétés physiques.

Les physiologistes ont admis jusqu'ici que l'estomac jouit de la faculté d'absorber. Cette manière de voir a paru si naturelle que personne n'a cru nécessaire de la démontrer. Comme on avait vu que tous les animaux sont empoisonnés quand on leur a fait avaler des substances vénéneuses, on avait pensé que l'intoxication résultait d'une absorption de l'estomac. Cependant les substances parvenues à l'estomac pouvaient, en arrivant à l'intestin, déterminer la mort, sans que la muqueuse gastrique eût en rien contribué à leur introduction dans les voies de la circulation. Il devenait donc indispensable, pour démontrer l'absorption gastrique, en apprécier l'activité et en déterminer les limites, d'empêcher les matières ingérées dans ce viscère de passer dans l'intestin. Or, c'est ce que nous avons fait par la ligature du pylore.

Mais avant d'employer ce moyen, nous avons voulu prendre un terme de comparaison dans les effets qui se produisent lorsque la substance toxique injectée dans l'estomac peut librement passer dans l'intestin. A cet effet nous avons injecté par l'œsophage, 5, 6, 7 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique, selon la taille des chiens. Les phénomènes caractéristiques de l'empoisonnement n'ont pas tardé à se manifester, et la mort est survenue au bout de quinze, vingt, vingt-cinq, trente minutes, suivant l'état de l'estomac et diverses circonstances difficiles à apprécier. Ainsi l'empoisonnement est assez rapide lorsque l'agent toxique peut

passer de l'estomac dans l'intestin. On va voir qu'il l'est presque autant lorsque cet agent ne peut sortir du réservoir gastrique.

On injecte dans l'estomac d'un chien de taille moyenne, dont le pylore venait d'être lié, 5 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique. Douze minutes s'étaient à peine écoulées que l'animal avait l'œil fixe, se roidissait sur ses membres étendus et éprouvait des convulsions tétaniques au moindre bruit ou au contact du doigt. Vingt minutes après l'injection, il expirait. A un autre chien de taille plus forte, à jeun depuis dix-huit heures, on injecte de même par l'œsophage et après que le pylore a été lié, 7 grammes de la substance vénéneuse. Au bout d'un quart d'heure les phénomènes d'empoisonnement apparaissent. La mort arrive vingt-cinq minutes après le moment de l'injection. Ces deux résultats montrent donc que l'absorption est très active dans l'estomac du chien, puisque la mort arrive à peu près aussi vite après la ligature du pylore que dans les circonstances ordinaires.

La ligature du pylore n'est pas le seul moyen qui puisse empêcher les liquides injectés dans l'estomac de parvenir à l'intestin : la section des nerfs vagues, qui paralyse le viscère, donne le même résultat, du moins chez certains animaux, pourvu qu'on ait donné à l'influx nerveux le temps de s'éteindre.

Deux heures et demie après la résection des deux nerfs pneumo-gastriques, on pousse par une ouverture à l'œsophage 6 grammes de noix vomique dans l'estomac d'un chien, puis on applique une ligature au-dessous de la petite plaie, afin d'empêcher le rejet de quelques gouttes du liquide. Le tétanos se manifeste bientôt, et dix minutes s'étaient à peine écoulées depuis l'injection du poison, que l'animal expirait. A l'autopsie on retrouva dans le viscère une quantité de liquide vénéneux sensiblement égale à celle qui avait été administrée. Le pylore était resserré et l'intestin fortement revenu sur lui-même.

A un autre chien, dont les nerfs vagues étaient coupés depuis vingt-quatre heures, on injecta, de la manière précédemment indiquée, 6 grammes de noix vomique dans l'estomac. Le tétanos apparut en moins d'un quart d'heure, et la mort arriva vingt-cinq minutes après l'injection.

Les choses se passèrent de même lorsque les nerfs furent coupés et le pylore lié. Un chien, qui se trouvait dans ces conditions, mourut onze minutes après avoir reçu dans l'estomac 5 grammes de la substance toxique. Un second, dont l'estomac était excessivement rempli d'aliments, mit plus d'une heure à succomber à la suite de l'injection de la substance vénéneuse.

L'estomac simple du lapin et du porc absorbe, comme celui des carnivores, avec beaucoup d'activité ; en voici la preuve. Un lapin, à jeun depuis vingt-quatre heures, eut les deux nerfs vagues reséqués vers le milieu du cou. Au bout de quelques heures on lui injecta dans l'estomac, par une petite ouverture œsophagienne, 2 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique délayés dans 20 grammes d'eau tiède. Les phénomènes de l'empoisonnement se manifestèrent en moins de dix-sept minutes, et l'animal mourut vingt-sept minutes après l'administration de la substance vénéneuse. Un porc de taille moyenne, à jeun depuis dix-huit heures, reçut par l'œsophage 15 grammes d'extrait de noix vomique délayés dans 200 grammes d'eau. Il tomba comme foudroyé cinq minutes après l'injection.

Ainsi l'estomac simple du chien, du chat, du porc, absorbe avec énergie. Il sert

donc à la fois à la chymification et à l'absorption : sa grande capacité, l'organisation de sa muqueuse, les particularités diverses de son rôle dans la digestion expliquent ce fait incontestable. L'estomac simple des solipèdes est loin de ressembler sous ce rapport à celui des carnivores : il n'absorbe pas ou n'absorbe que dans de très faibles limites à l'état normal. Voici par quelle série d'expériences M. H. Bouley (1), qui a bien voulu m'associer à ses recherches, est arrivé à cette démonstration.

A un cheval, dont les deux nerfs vagues sont coupés vers le milieu du cou depuis douze heures, on administre par une petite ouverture œsophagienne 32 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique, c'est-à-dire la dose qui tue le cheval en une heure ou à peu près lorsque les nerfs vagues sont intacts. L'animal éprouve quelques légers tremblements dans la journée. Au bout de vingt-quatre heures il est debout et parfaitement tranquille. On le tue, et l'on trouve dans son estomac des aliments délayés et une petite quantité de liquide. Le poison est donc resté sans effet lorsque l'estomac paralysé ne l'a point chassé dans l'intestin.

A un second cheval, qui jeûnait depuis deux jours, on fait la section de deux nerfs vagues avec perte de substance, et l'on ouvre la trachée afin de prévenir l'asphyxie. Quelques heures après, on injecte par l'œsophage 32 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique. L'animal éprouve de légères secousses pendant la journée. Le lendemain il est debout, dans un calme parfait et ne présente aucun symptôme d'empoisonnement. On le tue alors, et l'on trouve que l'estomac, vide d'aliments, contient environ 500 grammes d'un liquide jaunâtre et alcalin. Cette fois le viscère, étant privé d'aliments, présentait les conditions les plus favorables à l'absorption, et cependant la substance vénéneuse n'a point été absorbée. Celle-ci aurait-elle été altérée par le fait d'un si long séjour dans le viscère? L'expérience suivante va nous le dire.

Un autre cheval très vigoureux est mis à la diète pendant quarante-huit heures. Après ce laps de temps, plus que suffisant pour que l'estomac se débarrasse des aliments, on fait la section avec perte de substance des nerfs vagues. Sept heures après, on injecte dans l'œsophage la dose habituelle de poison. Le solipède n'éprouve aucune convulsion et ne présente aucun symptôme d'empoisonnement dans les seize heures qui suivent l'injection. On le tue pour examiner l'estomac et son contenu. Ce viscère, privé d'aliments, renferme 1000 grammes d'un liquide jaunâtre, un peu trouble, tenant en suspension quelques parcelles de fourrage. Une partie de ce liquide filtré est administrée à un chien, qui succombe dans les convulsions tétaniques au bout de vingt-six minutes. Une autre partie du même liquide est administrée à un chien, qui meurt avant d'avoir reçu à peu près la même dose que le premier.

Il est donc évident qu'après la section des nerfs vagues, la noix vomique introduite dans l'estomac du cheval n'y est point absorbée. Il est non moins évident qu'elle y demeure sans altération sensible, puisque au bout de seize heures elle jouit encore de toute son activité toxique. C'est là sans contredit un résultat remarquable et tout à fait imprévu qui ne se produit pas chez les animaux carnivores.

La paralysie de l'estomac, consécutive à la section des nerfs vagues, ne se pro-

(1) *Bulletin de l'Académie de médecine*, 1852, t. XVII, p. 647 et suivantes.

duisant qu'au bout d'un certain temps, et demeurant toujours plus ou moins incomplète, n'est pas le meilleur moyen d'arriver à constater la non-absorption dans le réservoir gastrique, d'autant plus que la pression exercée sur le viscère par le diaphragme et les muscles abdominaux peut, à elle seule, pousser dans l'intestin, à travers le pylore à peine fermé, une certaine quantité de la substance toxique. Il est préférable dans ce but de pratiquer la ligature du pylore : c'est ce que nous avons fait.

A un cheval privé d'aliments et de boissons depuis vingt-quatre heures, le pylore fut lié deux fois en avant de l'anneau musculeux qui le circonscrit, afin que les ligatures ne pussent glisser sur le duodénum et qu'aucune partie de la muqueuse intestinale ne vînt se mettre en rapport avec la substance vénéneuse. Cela fait, on injecta par l'œsophage la dose habituelle de noix vomique. L'animal n'éprouva aucune convulsion et ne manifesta aucun signe de tétanos pendant les dix-huit heures qui suivirent l'injection. Cette période expirée, on enleva les ligatures du pylore et au bout de quinze minutes le cheval mourut dans les convulsions.

A un autre cheval à jeun, le pylore fut lié comme précédemment. La noix vomique fut injectée par l'œsophage, et l'animal n'éprouva aucune convulsion. Il mourut trente-cinq heures après l'injection, des suites d'une violente péritonite, sans offrir aucun symptôme d'empoisonnement. La substance vénéneuse se retrouva dans le réservoir gastrique, non altérée, car le liquide avec lequel elle se trouvait mêlée empoisonna plusieurs chiens.

Ainsi, lorsque la noix vomique a été emprisonnée dans l'estomac, par la ligature du pylore, elle n'est point absorbée et a conservé ses propriétés, car elle tue, si, au bout d'un certain temps, on enlève la ligature pour lui permettre de passer dans l'intestin. Néanmoins il arrive qu'à la suite de l'application d'un lien sur le pylore celui-ci s'engorge au point de retenir encore le poison lorsqu'on enlève ce lien. Dans ce cas, on s'assure que la substance vénéneuse s'est conservée dans le viscère en l'injectant directement dans l'intestin, ou en l'administrant à d'autres animaux.

Ces premiers résultats sont décisifs ; mais comme on pouvait objecter qu'une substance très soluble, qu'un poison très actif seraient dans des conditions plus favorables à l'absorption que l'extrait alcoolique de noix vomique, M. Bérard (1) proposa de substituer à celui-ci le sulfate de strychnine. Il fit injecter dans l'œsophage d'un cheval, dont le pylore venait d'être lié, 3 grammes de sulfate de strychnine en dissolution. L'animal resta debout et sans aucun symptôme d'empoisonnement pendant vingt-quatre heures, après lesquelles il fut sacrifié. Le liquide, séparé par expression des aliments que contenait l'estomac, fut recueilli. Il n'en fallut qu'une faible partie, le huitième à peu près, pour tuer un chien. Le reste fut injecté dans l'intestin grêle d'un cheval qui éprouva pendant toute la journée les phénomènes de l'empoisonnement, et mourut pendant la nuit. Sans doute il n'eût pas survécu si longtemps à l'injection si toute la substance vénéneuse eût pu être séparée de la masse d'aliments renfermés dans l'estomac du premier cheval.

Nous injectâmes de même dans l'estomac d'une jument à jeun depuis vingt-quatre

(1) *Bulletin de l'Académie impériale de médecine*, 1852, t. XVII, p. 774.

heures, et dont le pylore venait d'être lié, 3 grammes de sulfate de strychnine en dissolution dans 200 grammes d'eau. L'animal n'éprouva aucun symptôme d'empoisonnement ni le jour de l'injection, ni le lendemain. Il fut sacrifié au bout de quarante-huit heures. Le liquide retiré du viscère, et pesant 8 kilogrammes, fut filtré, puis injecté dans l'œsophage d'un autre cheval, afin de voir s'il avait conservé ses propriétés. Ce second solipède, dont le pylore était libre et dont les nerfs étaient intacts, éprouva bientôt de violentes convulsions, et mourut trente-cinq minutes après l'injection. Par conséquent le sulfate de strychnine, malgré son séjour de quarante-huit heures dans l'estomac du premier cheval, avait conservé toute son activité toxique.

A un gros cheval entier, à la diète depuis deux jours, on injecte, après la ligature du pylore, 3 grammes de sulfate de strychnine dans l'œsophage. Le sel est dissous dans un litre d'eau. Le solipède n'ayant présenté aucun symptôme d'empoisonnement, est sacrifié au bout de vingt-quatre heures. On retire de l'estomac sept litres d'un liquide verdâtre, à peine visqueux et non acide, dont la dixième partie est injectée lentement par l'œsophage d'un chien qui meurt empoisonné en un quart d'heure. Enfin on reprend le liquide poussé dans l'estomac de ce chien, et on l'injecte dans l'estomac d'un second animal de la même espèce. Celui-ci vomit une partie du véhicule toxique ; néanmoins il en conserve une partie, et meurt au milieu des convulsions après une période de quatre à cinq heures.

A un autre cheval de grande taille et à jeun, on injecte par l'œsophage, le pylore étant lié, 4 grammes de sulfate de strychnine en dissolution. Le solipède, pendant les trente-neuf heures qui suivent l'administration de l'agent toxique, n'éprouve pas le plus léger symptôme d'empoisonnement. Au bout de ce temps, il meurt des suites de la péritonite, comme cela arrive par suite d'une simple ligature du pylore ou de l'intestin, sans qu'on ait rien injecté dans l'estomac. A l'autopsie, le réservoir gastrique est dilaté par dix-huit litres d'un liquide visqueux sécrété depuis l'application du lien sur l'orifice pylorique ; car, après l'injection, l'œsophage avait été lié au-dessous de la ponction, de même que dans les autres expériences. Ce liquide filtré est employé aux expériences suivantes, qui montrent que le sel vénéneux en dissolution a conservé ses propriétés.

On en injecte dans la jugulaire d'un cheval cinq décilitres, c'est-à-dire la trente-sixième partie de la quantité totale. L'animal tombe bientôt sur le sol, et meurt en moins d'un quart d'heure dans de violentes convulsions. Il avait donc reçu à peu près 11 centigrammes de sel dans les jugulaires. Or 10 centigrammes de sulfate de strychnine tuent le cheval en injection dans les veines.

La quarantième partie du liquide primitif est injectée par l'œsophage dans l'estomac d'un chien. Celui-ci, en moins de douze minutes, expire au milieu des convulsions.

Enfin un trois-centième du même liquide (30 grammes) est injecté lentement dans la jugulaire d'un chien de taille moyenne, qui meurt au bout de trois minutes.

M. Pérosino et ses collègues de Turin ont répété plusieurs de ces expériences avec la noix vomique et le valérianate de strychnine. Ils ont vu, comme nous, que les animaux dont le pylore est lié conservent pendant douze, vingt-

quatre heures et plus, les substances toxiques dans l'estomac sans qu'il se manifeste aucun symptôme d'empoisonnement. Il n'y eut d'exception à ce résultat que dans les cas où le pylore, imparfaitement serré, laissait passer une partie de la substance dans l'intestin, et dans ceux où la ligature fut appliquée sur le duodénum, même à 14 centimètres loin de l'estomac, comme l'avouent ingénuement les expérimentateurs italiens. En injectant dans le viscère une dissolution de cyanure de fer et de potassium, ils ont vu qu'au bout d'un temps assez long l'urine contenait de légères traces du sel, c'est-à-dire l'indice d'une absorption à peine sensible.

Nous avons aussi substitué le prussiate de potasse à la noix vomique et aux sels de strychnine, afin de voir dans quelles limites l'estomac pouvait absorber les substances qu'on force à faire un long séjour dans sa cavité. Pour arriver à des résultats concluants, il fallait : 1° lier le pylore en avant de son anneau musculeux ; 2° l'étreindre exactement par des liens non susceptibles de se relâcher ; 3° éviter, pendant les manipulations de l'expérience, de blesser la muqueuse si délicate du sac droit, à travers les parois du viscère. On conçoit qu'il suffit de laisser libre, du côté de l'estomac, un pli de la muqueuse duodénale, d'érailler la muqueuse gastrique en serrant trop le lien, ou de rendre possible le passage de quelques gouttes de liquide de l'estomac dans l'intestin grêle pour laisser une prise suffisante à l'absorption, et par conséquent pour entacher d'erreur toutes les données de l'expérimentation.

Nous injectâmes dans l'estomac d'un cheval à jeun depuis plus de deux jours, et dont le pylore était lié, une dissolution aqueuse de 40 grammes de cyanure de fer et de potassium. Quatre heures après l'injection, l'urine rendue, traitée par le persulfate de fer, ne montra aucune trace de cyanure. Deux heures, quatre heures plus tard, et jusqu'au moment de la mort, elle n'en présenta pas davantage. Vingt-quatre heures après le commencement de l'expérience l'animal fut sacrifié, et l'autopsie en fut faite sur-le-champ avec beaucoup de soin.

L'estomac fut détaché et enlevé. La ligature du pylore se trouvait bien placée et encore très serrée. Ce viscère contenait huit litres et demi d'un beau liquide épais, visqueux, un peu opalin et à réaction alcaline, qui devenait d'un bleu très foncé par l'action du persulfate de fer. Le contenu du duodénum renfermait quelques traces de cyanure ; mais les liquides du reste de l'intestin grêle, du cœcum et du côlon n'en offraient aucun vestige. Le sérum du sang de la jugulaire, de la veine cave, de la veine porte, la sérosité du péritoine, celle des plèvres, du péricarde, la synovie des articulations, l'urine de la vessie, des bassinets du rein, la salive n'en contenaient pas. La surface de l'estomac et de l'intestin, le canal thoracique, les ganglions mésentériques, les épiploons, la muqueuse de la vessie, du rein, des uretères, le tissu du poumon, des muscles et des autres organes furent mis en contact avec du persulfate de fer sans déceler les moindres traces du cyanure qui avait été injecté dans l'estomac.

La même expérience fut faite de nouveau sur un autre cheval qui reçut dans l'estomac 50 grammes de cyanure. Le sérum du sang, extrait des veines pendant le premier jour, et l'urine des quatre premières heures, ne présentèrent pas de traces du sel injecté. Mais l'urine, à partir de la cinquième heure, commença à montrer quelques petits flocons bleuâtres lorsqu'elle était traitée par le persulfate de fer. L'animal étant mort trente et une heure après l'opération, fut examiné très atten-

tivement. Le pylore était parfaitement lié, car le persulfate versé à l'intérieur du duodénum, près de la ligature, ne développait pas de teinte bleue. L'estomac contenait dix litres d'un liquide visqueux, opalin, donnant un précipité bleu très abondant. Sa muqueuse, à trois ou quatre travers de doigt du pylore, offrait une déchirure de 2 centimètres et demi, à rebords écartés et ecchymosés, laissant à découvert le tissu cellulaire et les vaisseaux sous-muqueux. Le sérum du sang de la veine porte, celui de la veine cave, des jugulaires etc., la sérosité rousse du péritoine, celle des plèvres et du péricarde, la muqueuse des bassinets rénaux, des uretères, de la vessie, le tissu du poumon, des ganglions mésentériques ne montraient pas de traces de cyanure. La muqueuse des canaux biliaires faisait seule exception à cette règle. Elle prenait une teinte légèrement bleuâtre par l'action du persulfate ferrique.

Ainsi cette fois l'estomac du cheval n'a pas été tout à fait imperméable. L'absorption y a puisé des traces du sel injecté. Mais la déchirure de la muqueuse a pu suffire pour laisser prendre aux absorbants les quelques atomes de cyanure retrouvés dans les urines et sur la muqueuse des canaux biliaires.

Il ressort évidemment de ce qui précède que l'absorption est à peu près insensible dans l'estomac du cheval, tandis qu'elle est très active dans celui du chien. Cette différence très remarquable tient aux particularités d'organisation de la muqueuse gastrique, et se trouve en rapport avec le mode d'action du viscère dans les solipèdes et les animaux carnivores.

Chez les solipèdes, en effet, la muqueuse gastrique, dont l'étendue totale ne dépasse guère 40 décimètres carrés, est divisée en deux parties distinctes : l'une est mince, blanchâtre, peu vasculaire et recouverte d'un épithélium pavimenteux qui lui donne tous les caractères de la muqueuse œsophagienne ; l'autre, qui est fort épaisse, très vasculaire et affectée à la sécrétion du suc gastrique, se trouve enduite d'une couche de mucus dense et très difficile à détacher. Or, pour la première, l'obstacle à l'absorption est incontestablement l'épithélium pavimenteux, et pour la seconde, la couche épaisse de mucus, couche qui n'a pas, à beaucoup près, la même consistance, la même cohésion et la même épaisseur chez les autres animaux.

Chez les carnassiers, au contraire, la muqueuse gastrique est partout très vasculaire, dépourvue d'épithélium pavimenteux et enduite d'une faible couche de mucus peu consistant et facile à détacher. Cette muqueuse, dont la surface est du reste fort étendue, n'a rien dans son organisation qui mette obstacle à l'absorption.

Le but physiologique d'une telle différence n'est pas difficile à saisir. Les aliments et les liquides, séjournant très peu dans le petit réservoir gastrique du cheval, ne pourraient y céder aux absorbants qu'une faible partie de leur masse. De plus, la petite surface muqueuse, qui est chargée de la sécrétion du suc gastrique, ne pourrait, en raison même de son exiguité, sécréter et absorber tout à la fois, ou du moins les modifications de texture qui lui donneraient de l'aptitude à l'absorption seraient peut-être préjudiciables à l'exhalation du suc gastrique. Au contraire, chez le chien, dont l'estomac est énorme relativement à la taille de l'animal et à la capacité de l'intestin, les phénomènes les plus importants de la digestion se passent au sein de ce réservoir. Les aliments y sont déjà assez profondément modifiés pour qu'une partie de leurs principes puisse y être absorbée sans passer dans l'intestin.

En outre, les liquides s'y accumulent avec les aliments et y font un séjour prolongé. Aussi, à cause de ces diverses particularités, l'absorption devient utile dans l'estomac des carnivores.

Si les premiers réservoirs gastriques de certains animaux et l'estomac simple n'absorbent point ou n'absorbent que d'une manière peu sensible, l'intestin possède à un haut degré, dans toutes ses parties et chez tous les animaux, la faculté d'absorber. L'action des chylifères le démontre clairement pour l'intestin grêle : la disparition progressive des liquides, le durcissement des matières stercorales, et diverses expériences établissent le fait en ce qui concerne le gros intestin.

L'intestin grêle est incontestablement de toutes les parties du tube digestif celle où l'absorption s'opère avec le plus d'activité : l'organisation délicate de sa muqueuse, la présence de villosités, la multiplicité extrême de ses prolongements facilitent la pénétration des matières susceptibles d'être absorbées et leur transport au centre de la circulation. Quand on injecte directement l'extrait alcoolique de noix vomique dans une anse de cet intestin, l'animal, au bout de trois ou quatre minutes, est pris de convulsions, et en moins d'un quart d'heure la quantité de poison absorbée suffit généralement pour donner la mort. Le cyanure de fer et de potassium, au bout de cinq à six minutes, se retrouve déjà dans le sang des veines mésentériques. L'acide cyanhydrique, qui pénètre les tissus avec tant de rapidité, tue en trois à quatre minutes, et communique son odeur au sang des diverses parties du corps en un temps seulement égal à la moitié de ce court espace.

Le cœcum absorbe aussi, mais avec moins de rapidité que l'intestin grêle. Il acquiert, sous ce rapport, une grande importance chez les espèces où il est très développé. C'est lui qui absorbe, chez les solipèdes, une grande partie des liquides qui ne séjournent pas dans l'estomac et traversent rapidement l'intestin grêle ; c'est lui qui aussi recueille très probablement les principes assimilables entraînés dans le gros intestin, et suffisamment modifiés pour concourir à la reconstitution des fluides nutritifs. Sa muqueuse, fine, souple, très vasculaire, à épithélium délié, réunit la plupart des conditions favorables à l'absorption. Nous nous en sommes assuré par les expériences suivantes.

On fit, sur un cheval à jeun depuis deux jours, une toute petite incision aux parois abdominales au-dessous de l'hypochondre droit, et par cette incision on retira la pointe du cœcum, dans laquelle on injecta 32 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique, préalablement étendus d'eau. Dix-huit minutes après l'injection, les convulsions et le tétanos commencèrent à se manifester, et huit minutes plus tard le solipède mourut. L'absorption fut cette fois très rapide, parce que le cœcum contenait seulement six litres et demi de matières alimentaires très fluides.

On injecta de même par la pointe du cœcum 32 grammes de noix vomique délayée. Vingt-deux minutes après, il se manifesta quelques convulsions ; l'animal devint irritable, éprouva de violentes secousses musculaires, et mourut cinquante-quatre minutes après avoir reçu la substance vénéneuse. Le cœcum, sur ce second animal, renfermait des aliments moins délayés que celui du premier. Cette seule circonstance suffit pour expliquer le ralentissement de l'absorption.

Enfin on injecta dans le cœcum d'un autre cheval 28 grammes de la substance précédemment employée. Au bout d'une heure, l'animal éprouva les symptômes

habituels de l'empoisonnement et tomba ; il mourut une heure quarante-huit minutes après l'injection, bien que le cœcum contînt dix-sept litres de liquide et de matières alimentaires.

Ainsi l'absorption est très active dans le cœcum ; mais il ne faudrait pas croire que son activité diminue lorsque le réservoir est rempli par des aliments plus ou moins délayés. L'absorption y est toujours aussi rapide ; seulement les substances qu'on y injecte passent d'autant plus vite dans les voies de la circulation qu'elles se trouvent disséminées dans une plus petite masse de matières étrangères.

Le côlon et le rectum jouissent aussi à un degré très prononcé de la faculté absorbante, car leur muqueuse a les mêmes propriétés que celle du cœcum. Un cheval, auquel nous injectâmes dans le rectum, préalablement vidé, une dissolution aqueuse de 32 grammes d'extrait de noix vomique, eut des convulsions, tomba au bout d'une heure et mourut dix-sept minutes plus tard. Une suture avait été faite à l'anus pour prévenir l'expulsion de la substance vénéneuse.

On conçoit, en réfléchissant aux phénomènes de la digestion, que l'absorption intestinale doive jouir d'une grande activité pour recueillir, outre les produits alimentaires nutritifs, les liquides apportés du dehors ou versés par la voie des organes sécréteurs. En effet, les réservoirs gastriques et intestinaux d'un cheval nourri de fourrages secs reçoivent journellement : 1° au moins 30,000 grammes d'eau pour boisson, 42,000 grammes de salive, 5,000 grammes de bile, 5,000 grammes de suc pancréatique et certainement plus de 5,000 grammes de suc intestinal, en tout 87,000 grammes de liquide, dont 62,000 sont résorbés, les 25,000 autres étant rejetés avec les matières stercorales. Or cette absorption active, qui rend au sang ce qu'il a prêté aux organes sécréteurs et qui lui donne de quoi compenser ce qu'il a perdu dans les actes divers de la vie, cette absorption, dis-je, est exercée par une surface immense ; car nous savons que la muqueuse intestinale d'un bœuf a plus de 7 mètres carrés, et que celle d'un cheval en a plus de 11, c'est-à-dire une étendue double de celle de la peau. Il en résulte que, en supposant l'absorption à peu près également active, chaque mètre superficiel de membrane muqueuse aurait à recueillir pour sa part 5,600 grammes de liquides, sans compter les principes solides des aliments.

Il est facile de suivre les progrès de cette absorption en examinant l'état des matières contenues dans les diverses parties de l'intestin. Dans l'intestin grêle, les aliments sont mêlés à une énorme quantité de suc jaunâtre visqueux : dans le cœcum, ils sont noyés au milieu d'un liquide dépourvu de viscosité ; enfin, dans le côlon, ils se dessèchent progressivement, se tassent et se rassemblent en pelotes vers le rectum, de telle sorte qu'au moment d'être éliminés, ils ne renferment plus que l'humidité dont la pression des parois intestinales n'a pu les priver.

Quant aux agents de cette absorption si active, nous savons que ce sont les lymphatiques et les veines. Les premiers prennent les principes assimilables et les liquides sous la forme d'un chyle lactescent, dans l'intestin grêle, et limpide dans le reste du tube digestif. Les secondes se chargent incontestablement d'une forte proportion de liquide, et probablement d'une certaine quantité de principes assimilables et de matières salines ; mais il n'est pas possible, avec les données actuelles de la science, de faire la part rigoureuse que chacune de ces deux espèces de vais-

seaux prend à l'absorption intestinale. Une telle détermination ne saurait être basée que sur des analyses minutieuses du chyle et du sang de la veine porte recueillis aux différentes périodes de la digestion.

III. De l'absorption dans les voies aériennes.

La membrane muqueuse de l'appareil respiratoire peut se diviser, relativement à son rôle physiologique, en deux parties : l'une qui tapisse les grands conduits aériens, c'est-à-dire les cavités nasales, les sinus, le larynx et la trachée ; l'autre qui forme le revêtement interne des bronches, les parois des vésicules pulmonaires et qui est essentiellement préposée à l'absorption. Toutes les deux sont, par le fait de leur grande étendue et de leur texture, dans d'excellentes conditions pour absorber les matières mises en contact avec leur surface libre ; mais la dernière, dont la finesse est extrême, possède cette faculté à un degré que n'atteignent pas les autres membranes muqueuses de l'économie.

La muqueuse des voies respiratoires absorbe également les gaz, les vapeurs, les substances volatiles, les liquides et les matières en dissolution. Elle s'en empare peut-être encore avec plus de facilité que la muqueuse de l'intestin grêle, si admirablement bien organisée pour l'absorption.

D'abord cette membrane absorbe l'oxygène nécessaire à l'hématose ; elle absorbe de même les gaz délétères qui peuvent se trouver accidentellement mêlés à l'air atmosphérique ; et si ces gaz, tels que l'hydrogène sulfuré, l'hydro-sulfate d'ammoniaque, se trouvent en proportion un peu considérable, ils donnent lieu à un empoisonnement plus ou moins rapide. La vapeur d'eau, l'éther, le chloroforme, l'essence de térébenthine passent très vite aussi dans les vaisseaux de la muqueuse. On sait que l'éther respiré par les animaux produit souvent ses effets anesthésiques en 5 à 6 minutes, que la vapeur d'essence de térébenthine communique très vite à l'urine une odeur de violette. L'iode, réduit en vapeur et inspiré par de jeunes chevreaux, ne tarde pas, d'après Panizza, à se montrer dans le sang. Enfin, les miasmes, les effluves, les virus volatils, entrent principalement dans l'économie par les voies aériennes.

Les liquides qui pourraient sembler d'une absorption plus difficile que les gaz et les matières volatilisées disparaissent cependant très vite des cavités aériennes, quand ils y sont accidentellement déposés.

Goodwin a vu que deux onces d'eau injectées dans la trachée d'un chien y étaient promptement absorbées. Ségalas et Mayer ont fait des observations analogues, l'un sur le chien, l'autre sur des lapins. Les élèves vétérinaires de Lyon, au rapport de Gohier, ne purent tuer un cheval qu'en lui injectant trente litres d'eau par la trachée, et ils en versèrent quarante dans celle d'un autre animal de cette espèce avant de déterminer la mort par suffocation. J'ai aussi tenté quelques expériences de ce genre, qui démontrent l'activité étonnante de l'absorption dans les voies aériennes.

Après avoir fixé à la trachée d'un cheval, par une ouverture au centre de l'un des cerceaux, un tube de 1 centimètre de diamètre, j'ai versé dans ce conduit de l'eau tiède (de 30 à 35 degrés) : il en arrivait six litres par heure. L'animal

eut le flanc agité, la respiration profonde pendant les trois heures et demie que dura l'expérience. Il fut tué alors; la trachée et les bronches étaient vides, tout le liquide injecté avait disparu.

Je versai de la même manière, dans les voies aériennes d'un second cheval, 25 litres d'eau en six heures, et je fis de deux heures en deux heures trois saignées qui enlevèrent 6 kilogrammes de sang. La muqueuse respiratoire absorba toute cette quantité de liquide sans que l'animal en parût très incommodé.

Ces expériences pourraient être variées, en prenant toutefois la précaution de ne pas verser l'eau trop vite et en trop grande quantité; car il importe, pour étudier les progrès de l'absorption, de ne pas apporter une gêne considérable dans la respiration, comme cela arrive quand on injecte de l'eau froide et en forte proportion dans un temps donné.

Les autres liquides, tels que l'alcool faible, l'éther, l'essence de térébenthine, le vinaigre, disparaissent très vite des voies respiratoires. J'ai injecté deux litres d'alcool à 50 degrés centésimaux dans la trachée d'un cheval. Aussitôt l'animal eut des battements de flancs, la marche devint chancelante, et il tomba sur le sol. L'essence de térébenthine, injectée en petite quantité par la trachée, donne rapidement aux urines l'odeur qui caractérise l'élimination de cette substance.

Les matières en dissolution et les sels solubles s'absorbent aussi avec rapidité dans la trachée et les bronches. M. Magendie a constaté le fait depuis longtemps pour la strychnine, et d'autres physiologistes pour plusieurs sels en dissolution.

Nous avons injecté, M. Bouley et moi, dans la trachée d'un cheval, et par une toute petite ouverture, 12 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique en dissolution dans 200 grammes d'eau. En moins de six minutes l'animal tomba sur le sol, et il mourut dix minutes après l'injection.

Nous avons injecté de même, dans la trachée d'un second cheval, 12 grammes de la substance vénéneuse en dissolution. L'animal fut pris de convulsions et tomba lorsque les dernières portions du liquide arrivaient dans les voies aériennes : il mourut cinq minutes et demie après le commencement de l'injection.

Enfin un troisième cheval, dont la trachée était ouverte et les nerfs vagues réséqués depuis quarante-huit heures, reçut la dose de poison précédemment employée; il ne tomba qu'au bout d'un quart d'heure, et mourut à la vingtième minute qui suivit l'injection. Le ralentissement que l'action du poison a éprouvé dans ce dernier cas doit être attribué, en grande partie, à l'engouement du poumon et à l'accumulation de mucosités dans les bronches, à la suite de la section des nerfs pneumo-gastriques.

Mayer (1), ayant injecté dans les poumons une dissolution de cyanure de fer et de potassium, retrouva ce sel dans le sang au bout de deux à cinq minutes. La présence du sel devint sensible dans le cœur gauche avant de l'être dans le cœur droit, enfin elle était évidente dans l'urine au bout de huit minutes.

Lebkuchner (2) ayant poussé dans les voies respiratoires d'un chat du cuivre ammoniacal en dissolution, retrouva ce composé dans le sang de la carotide au bout

(1) Müller, *Manuel de physiologie*, 2e édit., Paris. 1851, t. I, p. 186.

(2) Bérard, *ouv. cité*, II, p. 616.

de cinq minutes. Le sulfate de fer, injecté de la même manière, s'y retrouva après six minutes; enfin le prussiate de potasse ne mit que deux minutes pour apparaître dans le sang de cette artère.

J'ai injecté dans la trachée d'un cheval une dissolution aqueuse de 50 grammes de cyanure de fer et de potassium. Le sang tiré de la veine jugulaire contenait ce sel dès la quatrième minute après l'injection.

J'ai injecté de la même manière, dans la trachée d'un second cheval, 200 grammes d'eau tiède tenant en dissolution 50 grammes de cyanure. Trois minutes et demie après le sel se retrouvait dans le sang de la jugulaire, et huitminutes plus tard il se montrait dans l'urine que l'on recueillait par un tube fixé à l'uretère droit attiré au dehors vers la partie supérieure du flanc, entre les psoas et le péritoine.

La rapidité avec laquelle s'effectue l'absorption dans les voies aériennes tend à démontrer que celle-ci y a pour agents essentiels les veines. Très probablement elle a lieu aussi par les vaisseaux lymphatiques, dont la participation se réduit à très peu de chose en ce qui concerne les phénomènes précédemment indiqués.

Enfin l'activité si remarquable de l'absorption dans les voies respiratoires explique la facilité avec laquelle divers principes s'introduisent dans l'économie lorsqu'ils se trouvent répandus au sein de l'atmosphère. C'est bien certainement par ces voies que pénètre un peu de la vapeur d'eau mêlée à l'air, une quantité indéterminée des gaz qui corrompent l'air de nos étables, l'ammoniaque, l'hydrogène sulfuré, etc.; c'est par elles surtout que les effluves, les miasmes, viennent altérer la composition des fluides chez les animaux qui vivent dans les localités marécageuses; c'est par elles aussi que les virus volatils apportent les germes insaisissables des maladies les plus terribles qui sévissent sur les animaux domestiques. Elles offrent à ces agents pernicieux un accès d'autant plus facile et plus sûr qu'elles les laissent pénétrer en nature au lieu de les modifier par l'action de divers liquides, comme le font les voies digestives, où l'absorption possède également une activité fort remarquable.

IV. De l'absorption dans les voies glandulaires.

Les canaux excréteurs des glandes et les réservoirs qui leur sont annexés jouissent d'une faculté absorbante, souvent très active, mise en évidence par un grand nombre de phénomènes normaux ou pathologiques, aussi bien que par l'expérimentation. Les voies biliaires, lactées, urinaires et génitales vont nous donner des preuves incontestables de cette absorption.

La bile qui arrive dans la vésicule est peu consistante, à peine visqueuse, peu foncée en couleur, comme on le voit en établissant des fistules sur les carnivores, les ruminants et les autres animaux pourvus d'une vésicule biliaire. Lorsque cette bile a séjourné pendant un certain temps dans son réservoir, elle se concentre, s'épaissit, devient très visqueuse, foncée en couleur, etc. Or, sa partie aqueuse a été résorbée, et peut-être avec elle ont disparu aussi quelques-uns de ses principes fixes. Quand ce liquide ne peut plus suivre son cours normal, par suite de l'obstruction de ses voies, ou de la ligature des canaux, ou enfin par l'effet d'une cause

quelconque, il est résorbé en plus grande quantité : ses sels, sa matière colorante sont repris aussi bien que sa partie aqueuse; alors la bile, charriée avec le sang, va teindre en jaune la peau, les membranes muqueuses, plusieurs tissus et divers produits de sécrétion. Tous les jours l'expérimentation peut reproduire ces phénomènes en suspendant l'évacuation normale de ce fluide.

Les mamelles sont le siége d'une résorption analogue, bien qu'elle s'opère sur des principes plus difficiles à absorber que ceux de la bile. Lorsqu'une femelle vient à être séparée brusquement de ses petits pendant que ses mamelles sont gorgées de lait et que ces glandes jouissent de toute leur activité fonctionnelle, il faut que le liquide disparaisse des sinus galactaphores. L'eau, les sels, le sucre rentrent aisément dans les voies de la circulation, mais la graisse, le caséum ne peuvent y rentrer qu'avec lenteur. Néanmoins tout disparaît, et bientôt la glande elle-même se réduit aux minces proportions qu'elle présente pendant ses périodes de non-activité. Nul doute que beaucoup de substances médicamenteuses ou autres injectées par les mamelles y trouveraient une voie facile pour pénétrer dans les vaisseaux.

Les conduits et le réservoir de l'urine sont le siége d'une absorption normale très active. Le fluide excrémentitiel, en arrivant à la vessie, est peu foncé en couleur et peu chargé de sels. En séjournant dans cette poche, il perd une notable proportion de son eau, se concentre et devient plus riche en principes fixes. Lorsqu'un rétrécissement du col de la vessie, un calcul, une ligature s'opposent à son élimination, on voit divers produits de sécrétion se charger des principes de l'urine qui a été résorbée; la salive prend une saveur âcre, la sueur contracte une odeur urineuse; en un mot, l'organisme travaille à rejeter par d'autres voies des principes superflus dont le cours normal est suspendu.

La membrane muqueuse de la vessie réunit les conditions les plus propres à faciliter cette absorption, comme le prouvent les expériences des physiologistes. Elle s'empare très vite des dissolutions salines avec lesquelles on la met en contact.

L'utérus et le vagin jouissent d'une faculté absorbante active que prouvent plusieurs phénomènes pathologiques. Il arrive quelquefois que le fœtus ne peut sortir, par suite, soit de son volume trop considérable, de sa position défectueuse, soit de l'étroitesse du bassin ou d'autres causes. Ce fœtus avec ses enveloppes éprouve des changements qui résultent d'une résorption incontestable. Les placentas, les enveloppes disparaissent complétement, il se durcit, ses parties molles se sèchent; il se momifie en quelque sorte, les cotylédons de la muqueuse utérine disparaissent eux-mêmes en totalité, comme j'ai eu l'occasion de le voir une fois sur la vache et deux fois sur la brebis. Sans doute, dans ces circonstances, une partie des tissus et des liquides qui disparaissent est éliminée sous forme de matière purulente, mais une partie rentre dans l'économie et peut déterminer des accidents graves, lorsque les principes septiques ont été résorbés en proportions trop considérables. Le sang épanché dans l'utérus pendant le travail de la parturition, pendant les efforts et les manipulations de la délivrance, les débris de placentas et d'enveloppes fœtales sont aussi souvent résorbés, de même qu'une partie des liquides que l'on injecte quelquefois dans cet organe pour remplir des indications thérapeutiques. Enfin les principes virulents que le mâle verse dans

le vagin y sont aussi absorbés, comme le prouve la contagion de cette maladie syphilitique récemment observée sur les animaux solipèdes.

La membrane muqueuse des voies spermatiques est évidemment le siége d'une absorption dont l'étude ne serait point ici à sa place.

V. De l'absorption dans les membranes séreuses.

Les membranes séreuses, les plèvres, le péricarde, le péritoine, la gaîne vaginale, l'arachnoïde, les synoviales tendineuses et articulaires, les bourses muqueuses normales ou accidentelles sont le siége d'une absorption très active qui, à l'état physiologique, porte seulement sur des produits versés dans leur cavité, et non sur des matières étrangères.

Bien que ces membranes soient peu vasculaires, leur faculté absorbante n'est pas beaucoup moindre que celle des muqueuses spécialement disposées pour recueillir les substances étrangères. Elles réunissent plusieurs conditions qui leur donnent une grande perméabilité. Leur tissu, de nature celluleuse, tapissé par un mince épithélium, jouit sous plusieurs rapports des propriétés caractéristiques du tissu cellulaire ; il absorbe aussi bien les principes solubles mis accidentellement en contact avec lui que les liquides qu'il exhale continuellement.

C'est principalement dans les grands sacs séreux que l'absorption est facile à démontrer, et que son activité est très évidente. Haller et Flandrin ont constaté que l'eau injectée dans les plèvres et le péritoine y disparaît promptement, et divers observateurs modernes ont fait la même remarque pour la strychnine, l'acide oxalique, le prussiate de potasse, l'opium. Lebkuchner a vu le prussiate de potasse en dissolution injecté dans le péritoine se retrouver dans le sang artériel et dans l'urine au bout de six minutes. Nous avons vu, M. Bouley et moi, l'extrait alcoolique de noix vomique étendu d'eau et injecté dans le péritoine déterminer le tétanos et la mort beaucoup plus vite que lorsque cette substance est introduite dans les voies digestives.

Ainsi nous injectâmes dans le péritoine d'un premier cheval, par une petite ponction au milieu du flanc droit, 32 grammes d'extrait de noix vomique étendu d'eau. Neuf minutes après l'introduction du poison, tous les symptômes habituels de l'intoxication se manifestèrent, et l'animal tomba sur le sol ; il mourut dix-sept minutes après l'injection.

La même dose de noix vomique fut poussée, de la même manière, dans la cavité péritonéale d'un second cheval de grande taille, qui éprouva des convulsions en moins de sept à huit minutes, et mourut dix-huit minutes après l'injection.

Enfin un troisième cheval, dans le péritoine duquel on fit pénétrer aussi 32 grammes de noix vomique délayée, mourut au bout d'un quart d'heure en proie à de violentes convulsions tétaniques.

Les matières colorantes sont aussi facilement absorbées dans les séreuses, car Flandrin ayant injecté de la teinture de garance, de l'indigo en dissolution, de l'encre dans le péritoine de plusieurs chevaux, vit ces substances disparaître en totalité ou en très grande partie ; mais il ne les trouva point dans les lymphatiques qui partaient de cette membrane séreuse. Mascagni, qui avait noté l'absorption des

liquides colorés, longtemps après la mort, n'avait eu affaire qu'à un phénomène cadavérique sans importance.

L'absorption s'opère aussi à un certain degré dans les séreuses synoviales des articulations, comme le prouvent les injections iodées que l'on emploie dans les maladies de ces membranes.

Les phénomènes physiologiques ou morbides qui se rattachent aux fonctions des séreuses suffisent, sans le secours des expériences, pour démontrer clairement le pouvoir absorbant de ces membranes.

L'absorption dans les séreuses est une conséquence nécessaire de l'exhalation d'une certaine quantité de liquide. Il est indispensable que le fluide qui baigne la surface libre de ces membranes y soit repris dans les mêmes proportions qu'il y est versé. Dès l'instant que l'équilibre entre ces deux actes, l'exhalation et l'absorption, se trouve rompu, il se développe une hydropisie ; la sérosité s'accumule en quantité énorme et exige par la suite un travail de résorption extrêmement actif. En effet, celui-ci doit être considérable pour faire rentrer dans les voies de la circulation ces masses de liquides que renferment le péritoine et les plèvres à la suite de certaines affections de ces membranes.

La disparition plus ou moins complète des exsudations fibrino-albumineuses qui accompagnent la pleurite, la péritonite, donne une preuve non moins remarquable que la précédente du pouvoir absorbant des séreuses. On sait avec quelle rapidité ces dépôts plastiques diminuent d'épaisseur, s'organisent et donnent lieu à des adhérences entre les organes et les parois de leur cavité, comme on le voit si souvent entre les poumons et les côtes, le testicule et la tunique vaginale, le foie et le diaphragme.

La résorption du sang épanché dans les cavités des séreuses s'y opère aussi sans trop de difficulté. Le chirurgien et l'expérimentateur en ont sous les yeux de nombreux exemples. A la suite de la castration de la chienne, de la truie, de la vache, il tombe dans le péritoine une quantité de sang souvent très considérable dont il ne reste bientôt plus de traces. Après la ponction du rumen avec débridement, à la suite de l'excision de l'épiploon hernié, de la réduction de la hernie étranglée, ce fluide disparaît de même assez promptement. Enfin, lorsque l'expérimentateur a donné lieu à une hémorrhagie en établissant une fistule, ou au conduit pancréatique, ou au canal biliaire, ou aux vaisseaux chylifères des animaux ruminants, on voit la résorption de ce fluide s'opérer en peu de jours, si l'hémorrhagie n'a pu déterminer une péritonite violente avec production de fausses membranes.

Cette résorption à la surface des membranes séreuses est vraisemblablement opérée à la fois par les veines et par les lymphatiques. D'après les expériences de M. Magendie, elle aurait pour agents principaux les veines, car la ligature du canal thoracique, et par conséquent l'interruption du cours de la lymphe, n'apportent aucune modification aux effets des substances mises en contact avec les membranes.

VI. De l'absorption sur les surfaces accidentelles.

L'absorption peut avoir lieu dans les solutions de continuité, dans les cavités anormales, sur les téguments dénudés. Ainsi elle s'opère activement dans les plaies

simples, à la surface de la peau excoriée, sur les parties que le vésicatoire a dépouillées de leur revêtement épidermique, sur les dartres, dans les crevasses du jarret, du genou, du pli du paturon, dans les trajets de sétons, les fistules du mal de taupe, du mal de garrot, dans les voies que fraye, au sein des tissus, la dent d'un animal ou l'instrument de l'opérateur. Mais ici il y a à la fois, d'abord une inoculation dans laquelle les vaisseaux, recevant directement les matières étrangères, sont dispensés de les saisir, puis une absorption analogue à celle qui a lieu dans les autres circonstances.

L'absorption des matières étrangères insérées dans les tissus par inoculation s'opère nécessairement partout où il y a des vaisseaux. Les accidents qui suivent la morsure des animaux enragés, des reptiles venimeux, la blessure faite par une flèche empoisonnée, l'inoculation de la morve, du farcin, du charbon, de la clavelée, de la péripneumonie, en sont la preuve. Mais comme elle ne peut être placée sur la même ligne que les absorptions simples, puisqu'une partie de la substance étrangère est déposée directement dans les vaisseaux, nous n'avons pas maintenant à nous en occuper.

A la surface des plaies, l'absorption est plus ou moins active, suivant leur ancienneté, la nature et le degré de vascularité des parties lésées. Dans les interstices musculaires, dans le tissu cellulaire sous-cutané, elle jouit d'une activité remarquable, que prouve l'action des médicaments et des poisons qui s'y trouvent déposés. On a vu cent fois la noix vomique, l'upas, le woorora, l'acide cyanhydrique donner lieu à un empoisonnement subit par l'absorption rapide qu'exerce le tissu cellulaire divisé. Il n'était guère besoin, pour juger de celle-ci, de mettre sous la peau ou entre les muscles des morceaux de chair, des fragments de racine, d'albumine coagulée, du bois, du cuir en lanières, et de suivre minutieusement les modifications que ces substances éprouvent après plusieurs jours et même plusieurs semaines.

Il s'opère souvent à la surface de vastes plaies, ou dans l'intérieur des abcès, ce qu'on appelle une résorption purulente, c'est-à-dire une absorption de certains principes du pus dont la composition n'a pas changé ou s'est modifiée au contact de l'air. Dans cette circonstance, le pus en nature ne passe pas dans les vaisseaux : ses globules ont un diamètre qui ne leur permet pas de traverser les parois vasculaires comme peuvent le faire les principes qui sont en dissolution ; ses éléments fluides seuls sont susceptibles de passer dans les voies de la circulation, et s'ils sont altérés par l'action de l'air, ils deviennent eux-mêmes le point de départ d'une altération du sang et d'une série de troubles plus ou moins graves, constituant ce qu'on appelle l'infection putride. Celle-ci se distingue donc nettement d'un autre état morbide, qui résulte de la dissémination dans les vaisseaux du pus que les veines enflammées ont sécrété par leur surface interne, comme cela arrive si souvent à la suite du thrumbus, des lésions traumatiques ou de la phlébite sans causes extérieures, telle que celle de la veine porte, dont j'ai vu deux exemples, le premier à l'école de Lyon, sur un âne vertigineux ; le second sur un cheval, à la clinique de M. Bouley. Evidemment, dans ces deux cas, le pus, dont le tronc de la veine porte était rempli, devait se mêler au sang et circuler avec lui, s'il parvenait à traverser le système capillaire du foie.

CHAPITRE XXXIII.

DE L'ABSORPTION INTERSTITIELLE.

L'absorption interstitielle est celle qui s'opère dans la trame des tissus, soit sur leurs propres éléments, soit sur les fluides qui les pénètrent. Elle donne lieu, dans toutes les parties de l'économie, à un grand nombre de phénomènes variés, non moins remarquables à l'état normal que dans certaines circonstances accidentelles. Indiquons les principaux de ceux qui se manifestent dans le tissu cellulaire, le tissu adipeux, les muscles, les os, les glandes, la peau et les membranes muqueuses.

L'absorption des fluides qui remplissent les aréoles du tissu cellulaire est nécessairement liée à une exhalation continuelle avec laquelle elle doit toujours être en équilibre parfait. Elle devient très active, et par conséquent très sensible, lorsqu'elle fait disparaître rapidement les œdèmes des parties déclives, les infiltrations des membres, les engorgements produits par les sinapismes ou les frictions irritantes, l'emphysème plus ou moins étendu, le sang infiltré des ecchymoses, etc. Son activité est telle, dans ces circonstances, qu'elle réintroduit dans les vaisseaux la fibrine, l'albumine, la matière colorante du sang, aussi bien que l'eau et les sels de la sérosité.

Dans le tissu adipeux, elle n'est pas moins manifeste. Ses effets peuvent être facilement appréciés au tissu adipeux sous-cutané, à celui des interstices musculaires, des cavités des os. Lorsque l'amaigrissement survient, on voit diminuer puis disparaître les pelotes de graisse qui existent au-dessus de la base de la queue, à la pointe des fesses, sur les côtes et au poitrail. La bosse simple du dromadaire, les deux bosses du chameau s'affaissent et deviennent flasques, la queue énorme du mouton de barbarie s'amincit, la partie supérieure de l'encolure du cheval perd sa mollesse particulière, le pannicule graisseux sous-péritonéal des ruminants perd de son épaisseur et se réduit presque à rien, les masses capsulaires qui enveloppent le rein se réduisent à de minces proportions, les mésentères deviennent transparents et montrent leurs nerfs, leurs vaisseaux à découvert. Les rubans de l'épiploon des carnassiers et des ruminants se rétrécissent; la graisse du canal médullaire des os longs, des aréoles des os courts, disparaît en partie; l'os acquiert de l'aptitude à blanchir et ne se laisse plus facilement traverser par ce qu'il conserve après la mort. Mais cette absorption demeure très lente en quelques points; elle respecte une partie de la graisse des scissures du cœur, des coussinets de l'œil, de la fosse temporale, de la base de l'oreille, du pourtour de certaines articulations, de la face interne du canal rachidien.

Dans le système musculaire, elle détermine, sous l'influence d'une alimentation insuffisante, d'une abstinence prolongée, d'une maladie organique, une atrophie plus ou moins prononcée. Elle amène le même résultat après que les vaisseaux les plus considérables ont été oblitérés plus ou moins complétement par des caillots, lorsque les nerfs des muscles ont été déchirés, coupés en travers ou paralysés par une cause quelconque. On en voit des exemples frappants au larynx des solipèdes,

même sans qu'il y ait une gêne marquée de la respiration; à l'encolure, lors de certaines déviations latérales qui simulent des luxations, aux membres dont quelques nerfs lésés ont produit des paralysies partielles.

L'absorption qui s'exerce sur le système nerveux, quoique peu active, devient fort sensible dans certaines circonstances. Elle détermine fréquemment l'atrophie de la couche superficielle des corps striés lorsqu'il existe, comme on le voit si souvent chez le cheval, de volumineuses concrétions du plexus choroïde. Elle donne lieu à une dépression au niveau des exostoses de la face interne du crâne; elle creuse dans la substance des hémisphères, chez le mouton, dont le cerveau renferme des cœnures, une cavité d'abord très petite, puis successivement agrandie, jusqu'à atteindre les proportions de celle d'un œuf; elle réduit à l'état d'un mince cordon grisâtre le nerf optique du cheval frappé depuis longtemps de cécité. Enfin elle fait disparaître les épanchements sanguins formés au milieu de la substance cérébrale, soit par suite de la rupture de quelques vaisseaux, soit par l'effet d'une cause traumatique.

A la peau, cette absorption reprend la matière jaune de la bile déposée pendant la durée de l'ictère; elle détermine un amincissement, puis une perforation au niveau des abcès superficiels; elle ulcère les parties qui correspondent aux tumeurs farcineuses; elle amincit les bords renflés et calleux des crevasses et des autres solutions de continuité qui vont se cicatriser; elle amincit les cicatrices et en réduit progressivement l'étendue.

Aux membranes muqueuses, elle se traduit par les ulcérations de la pituitaire du cheval morveux; par celle des lames du feuillet chez les ruminants, dans quelques rares circonstances, par celle de la muqueuse intestinale dans l'entérite, qui complique chez la vache la tuberculisation avancée du poumon ou des ganglions lymphatiques. Cette absorption entraîne l'atrophie périodique des cotylédons utérins des ruminants pendant les intervalles de la gestation, et leur disparition complète à la suite de la métrite, provoquée par le séjour prolongé dans l'utérus d'un fœtus mort ou de ses annexes.

Dans les viscères, dans les glandes, elle s'exerce souvent avec activité. Elle fait passer l'induration rouge du poumon à l'état d'induration grise, puis détermine la résolution de cette dernière. Elle réduit les engorgements du foie, et produit souvent une atrophie partielle de cet organe, comme on le voit fréquemment au lobe droit du cheval. Elle creuse la substance du rein autour d'un calcul, fait disparaître le stroma de l'ovaire transformé en kyste, réduit à de minces proportions le tissu de la mamelle, lorsque la sécrétion du lait se suspend, atrophie cette glande sur les femelles que l'âge rend infécondes; flétrit et rapetisse, consécutivement à la castration par torsion, le testicule énorme du bélier et du taureau. Elle fait disparaître le thymus, la membrane pupillaire atrophiée, un ovaire et un oviducte, chez les oiseaux, les corps de Wolf des mammifères, la queue des têtards des batraciens, leurs branchies et leurs arcs branchiaux.

Dans les os, l'absorption interstitielle est aussi manifeste qu'au sein des parties molles et des tissus les plus vasculaires. Elle s'y exerce de plusieurs manières, dont il suffit de considérer les principales.

C'est elle qui creuse, chez le fœtus, un canal médullaire autour des vaisseaux

nourriciers des os longs, qui agrandit insensiblement ce canal jusqu'à l'âge le plus avancé. Elle contribue à la formation des sinus des os du crâne et de la face, amincit et perfore quelquefois les cloisons qui les divisent. Elle enlève le diploé des os du crâne pressés de dedans en dehors par un cœnure ou par une tumeur; elle déprime les vertèbres contre lesquelles battent des dilatations anévrismales, perfore les os du nez, longtemps soumis à une pression énergique de la muserolle du licol; elle enlève la garance déposée dans le tissu de l'os, réduit le volume des exostoses, fait disparaître, après la consolidation des fractures, le cal intérieur et l'extérieur, c'est-à-dire le cylindre solide formé dans le canal médullaire, au niveau de la fracture, et la virole qui circonscrit cette dernière; elle réduit insensiblement la masse des os anciens dans les séquestres, enlève les éléments terreux des os dans le rachitisme, l'ostéosarcome, etc.

Cette résorption s'exerce jusque sur les parties les moins vivantes. Elle aplatit la racine des dents caduques comprimées lors de l'évolution des dents nouvelles, elle les creuse en divers sens, comme on le voit aux incisives du bœuf et du cheval, elle use de la base vers la surface libre les molaires caduques de ces mêmes herbivores, et les réduit à l'état de disques plus ou moins minces.

Enfin, c'est elle qui détermine la résolution des tumeurs molles, ou indurées, des engorgements tendineux, des épanchements sanguins. Elle joue par là un grand rôle dans les actions médicatrices, comme dans les phénomènes réguliers de la nutrition.

L'absorption interstitielle a pour agents les veines et les lymphatiques; les premières seules dans les parties où les lymphatiques n'existent pas, les premières et les secondes à la fois dans la plupart des tissus et des organes. Mais il n'est pas possible de préciser la part qu'y prend chacune de ces deux espèces de vaisseaux.

CHAPITRE XXXIV.

DU MÉCANISME DE L'ABSORPTION.

Maintenant que nous connaissons les vaisseaux qui absorbent et les lieux où ils se chargent, soit des fluides étrangers, soit des matières propres à l'organisme, il faut rechercher le mode suivant lequel ils s'emparent de ce qui est en dehors d'eux, et l'entraînent avec les courants sanguins et lymphatiques.

Autrefois on comparait les absorbants à des chenilles ou à des sangsues, on leur supposait des bouches béantes organisées pour saisir, on leur attribuait une sensibilité spéciale, on les croyait doués de la faculté de choisir parmi les substances mises en rapport avec eux, celles qui leur convenaient, d'admettre ces dernières et de repousser les autres. Aselli, Hunter, Bichat et leurs disciples croyaient ainsi expliquer l'un des phénomènes les plus importants de la physiologie.

Ce n'est plus à notre époque qu'on s'attache à examiner de pareilles fictions. Les prétendus orifices des vaisseaux absorbants n'ont pu être démontrés ni dans la trame des tissus, ni à la surface des membranes. Nulle part on n'a pu voir les lym-

phatiques et les veines naître par des ouvertures visibles. Nulle part aussi on n'a pu découvrir de communication directe entre les vaisseaux qui charrient le sang et ceux qui font progresser la lymphe. L'inspection directe, les recherches microscopiques, les injections employées par mille observateurs habiles, n'ont jamais donné de preuves sérieuses à l'appui des opinions anciennes. Ces divers moyens ont au contraire presque toujours montré les vaisseaux complétement clos à leur origine et dans leurs réseaux les plus déliés, comme dans les parties où ils ont un volume considérable. Si quelquefois le contraire a paru exister, c'est que les injections poussées avec trop de force, en déchirant les parois vasculaires les plus déliées, ont fait passer les matières des vaisseaux sanguins dans les lymphatiques, ou les ont fait sourdre à la surface des membranes. Dirigeons donc nos regards d'un autre côté, et voyons si les pores invisibles de la matière organisée ne suffisent pas à laisser pénétrer les liquides ou les solides préalablement fluidifiés, et si l'introduction de ceux-ci dans les voies de la circulation ne peut s'opérer sans le secours d'une action spéciale dépendant de la sensibilité et de la contractilité des parois vasculaires.

Le phénomène de l'absorption, si simple qu'il paraisse, est un phénomène complexe. Il comprend : 1° une pénétration des substances fluidifiées à travers les interstices ou les porosités des tissus et des parois vasculaires ; 2° un enlèvement de ces substances par les courants sanguins et lymphatiques avec lesquels elles se sont mêlées. Il comprend en outre, mais seulement pour un certain nombre de matières, une modification de propriétés et d'état moléculaire s'opérant en même temps que les deux premières actions. Ces trois éléments de l'absorption méritent d'être étudiés à part et avec une grande attention.

Les gaz, les liquides et toutes les substances fluidifiées ont de la tendance à pénétrer les corps avec lesquels ils se trouvent en contact. Ceux-ci jouissent d'une plus ou moins grande perméabilité, suivant leur densité et leur constitution physique. Les membranes animales et les tissus mous sont très perméables à l'état normal, et le deviennent encore davantage, lorsque la dessiccation les a privés de l'eau dont ils sont imprégnés.

En effet, lorsque deux gaz sont séparés par une membrane, ils ne tardent pas à la traverser de part et d'autre et à venir se mêler ensemble, comme ils le feraient s'ils n'étaient point isolés par une cloison intermédiaire. Lorsqu'un gaz est séparé d'un liquide par une membrane, le gaz traverse celle-ci et vient, s'il est soluble, se dissoudre dans le liquide. De même, si deux liquides miscibles l'un à l'autre sont séparés par une cloison de cette nature, ils parviennent, en traversant la membrane chacun de son côté, à se mettre en équilibre de répartition ou, en d'autres termes, à former un mélange homogène. Enfin, quand un sel soluble est mis en rapport avec un côté d'une membrane dont l'autre répond à un liquide, ce sel se dissout aux dépens de l'humidité de la membrane, imprègne celle-ci, la traverse et va se mêler avec le liquide. Ces phénomènes dépendent évidemment de l'attraction qui s'exerce entre un gaz et un autre gaz, un liquide et un autre liquide, entre un fluide et un corps poreux brut ou organisé.

Cette attraction, qui détermine la diffusion de l'huile sur le papier, de l'eau dans le sucre, l'ascension des liquides dans les tubes très fins, est d'autant plus éner-

gique que les tissus sont moins humides; car, d'après les recherches de MM. Chevreul et Liebig, ces tissus s'imprègnent d'une quantité d'eau qui est d'autant plus considérable que leur dessiccation était plus complète.

L'imbibition ou la pénétration des liquides à travers les porosités invisibles des tissus est un phénomène indépendant de la vie, qui devient l'élément initial de toute absorption. Elle se produit facilement dans le tissu des membranes et des parois vasculaires, comme le prouvent les expériences de M. Magendie.

D'abord, dans les tissus privés de vie, l'imbibition est incontestable. M. Magendie (1), ayant fixé un tube de verre à chaque extrémité d'un segment de jugulaire dépourvu de branches collatérales, fit passer dans l'intérieur de cette portion de veine un courant d'eau tiède pendant qu'elle plongeait à l'extérieur dans un liquide légèrement acide. Au bout de cinq à six minutes, l'eau du courant, qui passait dans la veine, avait acquis une acidité très sensible. L'acide avait donc pénétré par imbibition à travers les parois de la veine pour venir se mêler au liquide que celle-ci contenait.

La même expérience fut faite avec un segment de la carotide d'un chien. L'imbibition eut lieu également à travers les parois artérielles; mais elle fut beaucoup plus lente que celle des veines, dont les parois, plus minces, jouissent conséquemment d'une plus grande perméabilité.

L'imbibition eut lieu aussi sur l'animal vivant. M. Magendie mit à découvert, sur toute sa longueur, la jugulaire d'un jeune chien, et après l'avoir complétement isolée des parties voisines et dépouillée des petits vaisseaux qui rampaient sur ses parois, il glissa une carte au-dessous d'elle et étendit à la surface du vaisseau dénudé une dissolution concentrée d'extrait alcoolique de noix vomique. Quatre minutes s'étaient à peine écoulées depuis l'application de la substance vénéneuse que les premiers effets de l'empoisonnement se manifestèrent. Le même résultat fut obtenu, mais seulement au bout de dix minutes, sur un gros chien, dont les parois veineuses étaient beaucoup plus épaisses. Enfin l'imbibition eut encore lieu à travers les parois des grosses artères. La noix vomique, appliquée sur la carotide d'un lapin, produisit des effets d'intoxication au bout d'un quart d'heure, et le sang qui se trouvait en contact avec la face interne de l'artère avait acquis l'amertume caractéristique de la noix vomique.

Fodera, ayant injecté sur l'animal vivant de la noix vomique dans un segment de la carotide compris entre deux ligatures, a vu l'empoisonnement se produire à la suite d'une imbibition de l'intérieur vers l'extérieur du vaisseau. Il a constaté que le cyanure de fer et de potassium déposé dans les plèvres venait colorer en bleu le sulfate de fer injecté dans le péritoine, et réciproquement. Le même résultat a été obtenu à travers les parois de la vessie, lorsque l'un de ces sels avait été injecté dans ce réservoir et l'autre dans la cavité péritonéale. L'eau introduite dans la plèvre a bientôt teint en noir le tissu de cette séreuse, celui du péricarde, des lames fibreuses intercostales. Les substances employées en frictions se retrouvent en plus fortes proportions dans le tissu cellulaire sous-cutané que dans le sang. La flèche de Java, enfoncée dans les chairs, a bientôt communiqué à toutes les parties molles

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 277.

qui entourent la blessure, et dans une épaisseur de plusieurs lignes, la teinte jaune-brunâtre et la saveur amère du poison.

Sans doute ces expériences ne démontrent pas toutes péremptoirement l'imbibition des tissus vivants. Lorsqu'une artère et une veine sont dénudées sur une grande étendue et complétement isolées des parties voisines, leurs parois, privées de leurs petits vaisseaux de nutrition, ne se trouvent plus, à beaucoup près, dans leurs conditions normales de vitalité. Lorsque ensuite on applique à la surface de ces vaisseaux des substances toxiques, il peut bien se faire que ces substances pénètrent aussi dans leur cavité par les petites ouvertures des branches qui ont dû être coupées ou blessées par le fait de la séparation complète du vaisseau des parties adjacentes. Néanmoins l'ensemble des résultats montre assez que les membranes des vaisseaux, la peau, les séreuses, se laissent traverser par imbibition. Or si cette pénétration s'opère à travers les parois des veines et des artères les plus épaisses, n'est-il pas évident qu'elle pourra s'effectuer aussi, et avec beaucoup plus de facilité, à travers des parois aussi minces et aussi déliées que celles des petites veines, des lymphatiques et des capillaires.

La pénétration des liquides à travers les tissus animaux est donc un phénomène incontestable dont il faut étudier le mécanisme, les conditions diverses et les causes appréciables, mais sans trop se préoccuper des dénominations que l'on a données à ses principales variétés.

Dutrochet est le premier qui ait constaté les effets très remarquables de la pénétration des liquides à travers les membranes animales. Il observa que de petites vésicules, complétement closes et plongées dans l'eau, absorbaient de ce liquide et laissaient en même temps échapper une partie de leur contenu. Les parois de ces vésicules étaient traversées par deux courants opposés, l'un de dehors en dedans et l'autre de dedans en dehors. Le premier faisait pénétrer dans la petite capsule membraneuse une partie de l'eau dans laquelle elle plongeait; le second faisait sortir de cette même capsule une certaine proportion du fluide qu'elle renfermait. Le premier de ces deux phénomènes simultanés reçut le nom d'*endosmose* et le second celui d'*exosmose*.

Lorsqu'on plonge dans un vase plein d'eau un tube fermé inférieurement par une membrane et contenant une dissolution saline plus ou moins concentrée, on voit s'élever insensiblement le niveau du fluide que renferme le tube. Au bout d'un certain temps, le contenu du tube et celui du vase sont devenus homogènes. L'eau s'est portée vers la dissolution saline, et celle-ci s'est portée vers l'eau.

Lorsque l'eau a été mise dans le tube et la dissolution saline dans le vase, le contenu du tube baisse insensiblement; mais il s'opère toujours un mélange des deux liquides jusqu'à ce qu'ils soient devenus homogènes.

Les mêmes effets se produisent entre l'eau pure et l'eau sucrée, l'eau pure et l'eau albumineuse, l'eau et l'alcool, en un mot entre un liquide quelconque et un autre liquide de nature ou de densité différentes.

Il s'établit donc entre deux fluides séparés par une membrane un double courant, duquel résulte finalement un mélange homogène. Mais ces deux courants sont inégaux toutes les fois que les fluides sont de densité différente. En général, le courant le plus considérable a lieu du liquide le moins dense vers le plus dense.

comme de l'eau pure vers l'eau salée, de l'eau pure vers la dissolution de gomme, d'albumine, etc. Cependant l'inverse s'observe quelquefois; le courant le plus intense se porte de l'eau vers l'alcool, de l'eau vers l'acide chlorhydrique étendu, de l'eau vers la solution faible d'acide oxalique. La différence d'intensité qui existe entre les deux courants est quelquefois si marquée que l'un des deux est très rapide tandis que l'autre reste très faible. Il y a même des cas dans lesquels il ne se produit qu'un seul courant, soit d'endosmose, soit d'exosmose. Ainsi l'eau distillée se porte vers l'albumine pure sans que celle-ci se porte vers l'eau; mais les faits de ce genre sont assez rares.

La direction et la vitesse du courant sont modifiées par la nature des cloisons qui séparent les deux liquides. Toutes les membranes animales, la peau, les muqueuses, les séreuses se laissent facilement traverser, même par des fluides très denses, à la condition que ceux-ci pourront les mouiller, c'est-à-dire adhérer à leur tissu et se mêler aux liquides dont il est imprégné. On a vu que les courants sont plus rapides dans la peau, de la face interne à la face libre, que dans le sens opposé. Ils acquièrent plus d'intensité dans les membranes fraîches que dans celles qui ont éprouvé un commencement de putréfaction, et cette intensité, pour deux liquides d'une nature déterminée, varie un peu suivant l'espèce de membrane interposée. L'action de celles-ci sur les courants ne paraît pas tenir seulement à leur degré de perméabilité, car il est des substances poreuses qui sont loin de se comporter comme des membranes. A travers une séreuse ou une muqueuse, l'eau se porte vers l'alcool; à travers une lamelle de caoutchouc, c'est l'alcool qui se dirige vers l'eau. L'alcool étendu, renfermé dans une vessie, se concentre insensiblement; son eau traverse les parois de la vessie et se volatilise; l'alcool reste. Il n'en est pas de même si ce mélange est contenu dans un réservoir d'une autre nature et à parois également poreuses: l'évaporation enlève les deux fluides à la fois.

Ces courants, qui traversent les membranes animales et qui amènent un mélange des liquides, ont été attribués à plusieurs causes : 1° à l'électricité qui se développerait au contact de deux liquides de densité différente, et séparés par une cloison perméable; 2° à l'attraction inégale que deux liquides exerceraient l'un sur l'autre; 3° à l'attraction inégale que les membranes éprouveraient pour divers liquides; 4° enfin à l'inégale facilité avec laquelle les fluides traverseraient les membranes ou les autres tissus réduits en lames plus ou moins minces.

Evidemment ces phénomènes ne peuvent dériver que d'une attraction moléculaire exercée, d'une part, entre les membranes et les liquides, d'autre part, entre deux liquides de même nature et de même densité, ou de nature et de densité différentes. Si les deux fluides s'attirent également et traversent avec une même facilité la membrane qui les sépare, on conçoit que les deux courants opposés aient une intensité parfaitement semblable. Si les deux s'attirent inégalement, que le premier ait pour le second une attraction plus forte que le second pour le premier, les deux courants seront inégaux, et la différence de leur rapidité réciproque sera proportionnelle à la différence des deux forces, pourvu que le degré de perméabilité de la membrane soit le même pour les deux fluides. Enfin si ceux-ci ne traversent pas la membrane avec la même facilité, le courant du fluide qui passe le plus aisément doit être plus rapide que l'autre. De plus, si l'attraction que les mo-

lécules d'un fluide exercent entre elles est de beaucoup supérieure à celle qu'exercent sur elles les particules d'un autre fluide, il pourra se faire qu'il n'y ait qu'un seul courant, comme entre l'albumine pure et l'eau.

Il importe de tenir compte de toutes ces circonstances : densité des fluides, viscosité de ceux-ci, facilité plus ou moins grande à adhérer aux membranes, degré de perméabilité des tissus. Chacune d'elles peut modifier la vitesse, la force et même le sens des courants. Quant à rechercher la cause immédiate de ces modifications, c'est une tâche qu'il faut laisser au physicien, parce qu'elle est exclusivement de son ressort.

Ces phénomènes remarquables, qui s'opèrent au contact des fluides avec les tissus animaux privés de vie, ne se passent point, à beaucoup près, de la même manière dans l'organisme. On s'abuserait étrangement si l'on croyait, avec plusieurs physiciens, du reste très habiles, qu'il y ait identité entre les actions qui s'effectuent quand des fluides immobiles traversent des membranes mortes, et celles qui dérivent du contact d'une substance étrangère avec un tissu que parcourent dans toutes les directions les courants vasculaires sanguins et lymphatiques. Les conditions sont infiniment différentes dans le second cas de ce qu'elles étaient dans le premier. Elles le sont principalement, par la nature et l'état des fluides, par l'état des membranes et des tissus susceptibles d'absorber, enfin par la circulation ou la progression rapide des fluides que les vaisseaux contiennent.

Les matières que l'absorption saisit aux diverses surfaces ou dans la trame organique revêtent différents états : elles sont gazeuses, liquides ou solides, et, parmi ces dernières, les unes sont déjà en dissolution, les autres se dissolvent dans les sucs qu'exhalent les surfaces, ou dans ceux dont les tissus sont imprégnés; enfin quelques-unes, insolubles, se décomposent au contact des éléments organiques et deviennent, par suite de combinaisons nouvelles, susceptibles de passer dans les vaisseaux. Quant aux matières solides insolubles, elles ne peuvent être absorbées, quel que soit leur degré de division, de même que les corps non fluidifiés ne peuvent se combiner entre eux, selon le vieil axiome des chimistes.

Les gaz traversent les membranes avec une grande facilité pour venir se dissoudre dans les fluides en circulation. L'oxygène est absorbé par la muqueuse pulmonaire chez tous les animaux à respiration aérienne ; il l'est aussi par la peau chez les reptiles nus et beaucoup d'espèces inférieures; l'hydrogène sulfuré est absorbé par la peau; divers gaz le sont également par la muqueuse intestinale, par le tissu cellulaire sous-cutané.

Les liquides dépourvus de viscosité, et ceux dont la densité est faible, comme l'eau, l'alcool, l'éther, les huiles essentielles, traversent aisément les membranes absorbantes; l'eau chargée de sucre, de gomme, de mucilage, les dissolutions salines un peu concentrées, s'absorbent moins bien ; les liquides visqueux, les huiles fixes, les graisses s'absorbent très difficilement ailleurs que dans l'intestin, où elles trouvent des sucs qui les émulsionnent d'une manière plus ou moins complète. Certains fluides ne paraissent pas susceptibles d'être absorbés: tel le venin de la vipère, qui peut être impunément, suivant la remarque de Fontana, ingéré dans les voies digestives. Mais à part cette exception, tous les fluides miscibles à l'eau et au sang peuvent être saisis par l'absorption, quel que soit du reste le rapport

de densité qui existe entre eux et la partie séreuse du sang. C'est là un fait remarquable, en contradiction avec les phénomènes ordinaires de l'endosmose à travers les tissus privés de vie.

Les substances solides solubles s'absorbent, pour la plupart, sans grandes difficultés. Celles qui, étant insolubles, peuvent entrer dans de nouvelles combinaisons solubles, passent aussi de cette manière dans les vaisseaux. Ainsi on a vu que la magnésie acquérait de la solubilité par l'action du suc gastrique, que les substances résineuses étaient placées dans des conditions analogues par les alcalis de la bile, du suc pancréatique et des fluides intestinaux; que les composés de plomb se transformaient en chlorures, le proto-chlorure de mercure en deuto-chlorure, etc. Quant aux solides insolubles, ils ne peuvent, si divisés qu'ils soient, traverser le tissu des membranes et pénétrer dans les vaisseaux. L'assertion d'Œsterlen, qui avait vu passer le charbon pulvérisé des voies digestives dans le sang de la veine porte et dans celui de toutes les autres parties du corps, a été contredite par les recherches de plusieurs observateurs.

La pénétration des fluides ou des matières fluidifiées à travers les tissus ne s'opère pas toujours avec une égale facilité et suivant un mode identique. Ce phénomène offre des nuances infinies qui dépendent de la nature des tissus, de leur degré de vascularité, de l'état des surfaces absorbantes, de la présence sur ces dernières d'un revêtement épithélial, ou d'une couche plus ou moins épaisse de mucosités.

Toutes les membranes qui sont le siége d'une absorption, la peau, la muqueuse digestive, celle des voies respiratoires, des voies génito-urinaires, des glandes, etc., les synoviales articulaires, tendineuses, les séreuses splanchniques, sont tapissées à leur face libre par un épithélium et en outre, pour quelques-unes, par un enduit muqueux spécial. Or c'est d'abord cette double barrière que les substances fluidifiées doivent franchir pour se mettre en contact avec le tissu propre des membranes.

L'épiderme de la peau, si épais et si dense chez certains animaux et dans plusieurs régions, se laisse difficilement traverser par les liquides. Les cellules qui le constituent forment plusieurs couches superposées: celles des couches profondes sont sphéroïdes ou polygonales, pourvues d'un noyau et pleines de liquide; celles des couches superficielles se déforment, s'aplatissent, perdent leur fluide intérieur, leur noyau, prennent l'aspect de petites écailles unies entre elles par une matière amorphe. Par suite de cette stratification des cellules pavimenteuses, l'épiderme n'offre qu'une perméabilité très bornée; néanmoins il s'imbibe lentement des liquides non visqueux appliqués à sa surface; ses cellules se gonflent de proche en proche, les plus superficielles se disjoignent, enfin la substance à absorber vient se mettre en rapport avec les vaisseaux du derme. Nous avons vu, en effet, que la peau des batraciens et celle des oiseaux, dont l'épiderme est mince, absorbe avec rapidité; que celle du chat, du cheval absorbe encore, mais avec plus de lenteur; qu'enfin la peau si bien cuirassée des lézards et des serpents finit par recevoir à travers ses écailles épidermiques les poisons que l'on met en contact avec elle.

On conçoit que si un tel revêtement est perméable aux liquides, l'épithélium, plus mince et plus souple, des muqueuses et des membranes séreuses, devra l'être encore bien davantage.

L'épithélium pavimenteux stratifié qui recouvre la muqueuse de la bouche, du pharynx, de l'œsophage, chez la plupart des animaux, la muqueuse du sac gauche de l'estomac du cheval, celle des trois premiers réservoirs gastriques des ruminants et des tardigrades, du gésier des oiseaux, n'a encore qu'une perméabilité assez obscure. Comme nous l'avons vu pour les premiers estomacs du bœuf et l'estomac simple des animaux solipèdes, il ne se laisse traverser aisément que par des fluides qui ont une action chimique sur ses cellules ou par les substances qui sont très subtiles, comme l'acide cyanhydrique.

L'épithélium, mince, microscopique, peu adhérent, et à cellules qui se désagrégent facilement, devient d'une très grande perméabilité aux muqueuses de l'intestin grêle, du gros intestin, des réservoirs glandulaires, des canaux excréteurs, des glandes. Constitué par une seule couche de cellules cylindriques placées de champ les unes contre les autres, c'est-à-dire perpendiculairement à la surface libre de la muqueuse, il se détache aisément et se renouvelle régulièrement à des périodes souvent très rapprochées. Goodsir a même prétendu que celui des villosités intestinales tombait pendant la chylification et se régénérait ensuite avec rapidité; mais ses observations n'ont point encore été confirmées par les micrographes. Les cils vibratiles que présentent à leur extrémité libre les cellules de l'épithélium à cylindres des voies respiratoires, des cavités génitales, des voies digestives de quelques animaux, peuvent, par leurs mouvements si rapides et si variés, contribuer en quelque chose à l'absorption.

Enfin l'épithélium pavimenteux simple ou à une seule couche de cellules des membranes séreuses et des conduits excréteurs les plus ténus laisse passer avec une extrême facilité les fluides mis en rapport avec les surfaces qu'il tapisse. Sa perméabilité paraît être au moins égale à celle de l'épithélium à cylindres, si répandu à la surface des muqueuses.

Les épithéliums ainsi interposés entre les matières à absorber et les parties vasculaires et vivantes des tissus font l'office d'un filtre qui, en laissant passer ce qui est apte à entrer dans les voies de la circulation, retient les particules grossières ou insolubles. Ces épithéliums laissent probablement passer les fluides, à la fois, à travers les parois de leurs cellules et dans les espaces que ces cellules laissent entre elles. Les cellules épithéliales, étant déjà, pour la plupart, pleines de liquide, deviennent le siége de courants analogues à ceux de toutes les membranes dans les phénomènes ordinaires de l'endosmose. Les fluides mis en contact avec elles les traversent, les gonflent et s'en échappent pour se propager dans les parties vivantes et vasculaires des tissus. Peut-être leur mode d'action est-il identique à celui des spongioles radiculaires des plantes, dont la faculté absorbante est portée à un degré si remarquable.

Outre leur revêtement épithélial, les surfaces absorbantes offrent encore souvent un enduit muqueux plus ou moins épais, que les fluides doivent traverser avant de s'engager dans les vaisseaux. Cette couche de mucus a une épaisseur et une consistance remarquables dans le sac droit de l'estomac des solipèdes; elle devient plus molle et moins adhérente dans l'intestin, très mince dans les conduits excréteurs des glandes. Les fluides la pénètrent, la gonflent et finissent par la délayer et l'entraîner; aussi se renouvelle-t-elle avec rapidité, emportant avec elle une prodi-

gieuse quantité de débris des épithéliums, dont la mue paraît se répéter à des périodes très rapprochées dans l'estomac, l'intestin et les voies glandulaires.

Lorsque les fluides sont parvenus à traverser les couches d'épithélium et de mucus qui revêtent les surfaces absorbantes, ils pénètrent la substance des tissus et les parois des petits vaisseaux sanguins et lymphatiques. Cette pénétration s'opère facilement, et par conséquent avec rapidité, aux membranes muqueuses fines, comme la conjonctive, la membrane interne des bronches et des vésicules pulmonaires; aux membranes séreuses splanchniques, telles que l'arachnoïde, les plèvres, le péritoine; elle est fort lente à travers les tendons, les ligaments, les cartilages et le tissu des nerfs. Dès que le tissu est imprégné de la substance étrangère, celle-ci passe sans difficulté par les interstices invisibles des parois vasculaires les plus déliées, puis elle se mêle au sang et à la lymphe.

Le premier acte ou le premier élément de l'absorption est donc un simple phénomène physique, qui dépend de la perméabilité des parties organiques. Les deux autres éléments de cette importante fonction sont du ressort de la vie et tout à fait étrangers aux actions qui se passent dans les corps non organisés.

Le deuxième acte de l'absorption consiste dans la mise en mouvement des matières mêlées avec les fluides que contenaient les vaisseaux, c'est-à-dire dans leur enlèvement plus ou moins rapide. Celui-ci résulte de l'impulsion à laquelle obéissent le sang et la lymphe, impulsion très énergique pour le premier qui la reçoit des contractions du cœur, mais peu intense pour la seconde qui la tire seulement des parois vasculaires. Il est donc intimement lié à la circulation, et par conséquent il doit être subordonné à sa vitesse et aux autres circonstances de son activité: aussi l'absorption veineuse est-elle plus rapide que l'absorption lymphatique.

Ce second acte, qui ne s'opère pas après la mort, fait nécessairement de l'absorption qui a lieu sur le cadavre une simple imbibition, ou une simple transsudation. Son accomplissement, pendant la vie, ôte à l'imbibition le caractère qui l'a fait regarder comme un phènomène purement cadavérique. M. Magendie a le premier parfaitement saisi ce fait et réfuté ainsi les objections que l'on a présentées contre la doctrine de l'absorption par une pénétration physique des fluides à travers les tissus vivants. On conçoit fort bien que les fluides qui traversent les membranes et les tissus vivants n'y demeurent pas pour les gonfler, les ramollir, leur communiquer leur couleur particulière; car ces fluides, à mesure qu'ils pénètrent dans les tissus, entrent dans les réseaux vasculaires nombreux et serrés dont les tissus se composent, et sont emportés avec les courants sanguins et lymphatiques qui les parcourent dans tous les sens. L'observation attentive de ce qui a lieu sur les vastes surfaces absorbantes montre que les choses se passent bien ainsi. La sérosité des séreuses splanchniques, de l'arachnoïde, des plèvres, du péritoine, du péricarde rentre ainsi, d'une manière insensible, dans le torrent de la circulation, à mesure que de nouvelles quantités du même fluide sont sécrétées pour remplacer celles qui disparaissent. L'énorme quantité de salive, de suc gastrique, de fluide intestinal versée dans l'appareil digestif revient progressivement dans les vaisseaux, comme le prouve la consistance toujours croissante des matières stercorales qui cheminent vers leur orifice d'élimination. Il n'y a pas d'exception à cet égard : seulement, pour les fluides dont la résorption eût été nuisible, si elle se fût

opérée dans des limites trop étendues, la nature a pris les précautions propres à la restreindre autant que possible. La bile, l'urine, le venin de la vipère, sont confinés dans des réservoirs étroits, dont la surface très restreinte est protégée par une couche isolante de mucus qui se renouvelle sans cesse. Ces fluides ne rentrent dans la circulation qu'en proportions trop minimes pour troubler l'organisme; ils ne se résorbent en grande quantité que par suite de circonstances morbides, et notamment par l'effet d'un obstacle opposé à leur excrétion régulière. Les artifices qui ont été employés pour que l'urine, la bile, les venins ne traversent point les parois de leurs réservoirs sont analogues à ceux qui permettent à l'estomac du cheval de conserver fort longtemps les poisons dans sa cavité, sans qu'il en résulte aucun symptôme d'intoxication.

Enfin l'absorption comprend un troisième acte, qui consiste en une modification de la substance qui a pénétré dans les voies de la circulation. Cette modification, effectuée en même temps que les produits traversent les tissus et sont entraînés par les courants vasculaires, ne porte que sur quelques substances. Beaucoup sont absorbées sans subir de changements appréciables dans leur état physique, ni dans leur constitution moléculaire, ni dans leur composition. L'eau, l'alcool étendu, les dissolutions salines, les huiles essentielles sont dans cette dernière catégorie. Les principes organiques, la fibrine, l'albumine, qui sont absorbés à l'état de dissolution, éprouvent en partie une transformation globulaire. On ne sait à quelle cause immédiate rapporter le développement des globules dans la lymphe et dans le chyle. L'action des tissus que les matières absorbées traversent, celle des parois vasculaires qui les pressent et les mettent en mouvement, le contact des divers matériaux du sang et de la lymphe, donnent probablement lieu à cette modification, qui est la plus élémentaire de celles que subissent les fluides en circulation.

La vitesse avec laquelle s'opèrent ces divers phénomènes de l'absorption est prodigieuse : elle peut être mesurée approximativement pour la plupart des tissus et des membranes absorbantes.

Cette vitesse dépend d'abord : 1° du degré de perméabilité des parties qui absorbent, soit qu'elles se trouvent tout à fait dénudées, soit qu'un épithélium ou une couche de mucus en recouvre la surface; 2° du degré de miscibilité de la substance avec les fluides qui imprègnent les tissus ou qui remplissent les vaisseaux; 3° de la vélocité plus ou moins grande de la circulation.

La perméabilité du tissu est la circonstance qui influe le plus sur la rapidité de l'absorption. Nous avons vu, en effet, avec quelle lenteur les fluides traversent le tissu de la peau recouvert de son épiderme, et avec quelle promptitude, au contraire, ils pénètrent les membranes séreuses et les muqueuses minces, comme celles des bronches et des vésicules pulmonaires. Pour apprécier exactement le temps nécessaire à l'imbibition d'une membrane mince, Müller tendit sur le col d'un flacon, contenant une solution de cyanure potassique, la vessie d'une grenouille, et sur un autre la membrane réticulée du poumon de cet animal. Ayant appliqué sur la face libre de ces membranes une goutte de chlorure de fer, et renversé au même instant les deux flacons, il vit en moins d'une seconde se former une tache bleue dans le point touché par le sel de fer. Il n'avait donc fallu qu'une

seconde pour que le cyanure traversât le tissu membraneux et vînt se combiner avec le sel ferrique. Or la couche mince qui sépare les réseaux vasculaires de la surface libre d'une villosité ayant une épaisseur moindre que celle de la membrane pulmonaire des batraciens, les villosités doivent s'imprégner pour ainsi dire instantanément des fluides mis en contact avec elles. Puis les courants sanguins peuvent, en les saisissant immédiatement, leur faire décrire un tour complet de circulation en moins d'une minute. Mille faits prouvent cette extrême vitesse de l'absorption.

Fontana a constaté depuis longtemps qu'un pigeon mordu par une vipère meurt, si l'amputation du membre sur lequel le venin a été déposé n'est pas pratiquée au moins quinze secondes après la morsure : passé ce temps, l'amputation ne peut sauver l'animal. Donc en quinze secondes le venin est absorbé et répandu dans les voies de la circulation. Ségalas a vu l'extrait alcoolique de noix vomique injecté dans les voies aériennes produire ses effets ordinaires en un espace de quinze secondes. Le sulfate de strychnine en dissolution versé dans le bec de petits oiseaux leur donne le tétanos en moins de vingt-cinq secondes, d'après mes propres observations. Le même sel, à la dose de 25 centigrammes dissous dans 15 grammes d'eau et injecté brusquement dans les bronches d'un chien, détermine un tétanos violent en quarante secondes, comme je l'ai constaté sur un animal très vigoureux. Nous avons vu, M. Bouley et moi, l'acide cyanhydrique injecté dans l'intestin grêle du cheval déterminer la chute de l'animal au bout d'une minute à une minute et demie. Mayer a retrouvé dans le sang, après deux à cinq minutes, le cyanure ferrico-potassique injecté dans les bronches d'un chien. J'ai constaté la présence de ce même sel à la quatrième minute qui suivit son injection à la dose de 50 grammes dans la trachée d'un cheval. La noix vomique injectée en dissolution à la dose de 32 grammes dans la plèvre d'un cheval développe le tétanos en trois minutes. Dans ces dernières circonstances, si l'absorption paraît plus lente que dans les premières, c'est qu'une quantité un peu considérable de poison ou de sel doit s'accumuler dans le sang pour y devenir sensible et déterminer dans l'organisme des effets appréciables. Or, en moins d'une minute, il entre dans le torrent circulatoire une somme de strychnine suffisante pour donner le tétanos ; en trois à quatre minutes, il pénètre dans la masse du sang assez de prussiate de potasse pour y être reconnaissable, quoique mêlé à vingt ou vingt-cinq litres de ce fluide. Sans doute au bout de quelques secondes il s'en trouve déjà dans les vaisseaux, mais en proportions trop minimes pour y être retrouvé.

Partant de ces données parfaitement établies, il ne faut point s'étonner de l'inefficacité des cautérisations employées au bout de cinq à six minutes pour prévenir les effets des virus inoculés dans les plaies. Il ne faut pas une période aussi longue que celle-là pour qu'une partie du principe virulent soit absorbée et fasse plusieurs fois le tour de l'arbre circulatoire. Néanmoins la logique indique qu'il ne faut pas négliger l'usage de ces moyens, même au bout d'un temps bien plus considérable, car les virus mêlés à des mucosités épaisses, comme celui de la morve, ou à une salive visqueuse, comme celui de la rage, ne sont pas dans les meilleures conditions pour être totalement et rapidement absorbés, d'autant qu'ils peuvent être enveloppés de sang extravasé et en rapport avec des parties contuses dans lesquelles les courants vasculaires sont ralentis ou momentanément suspendus. Du reste

l'application du feu, celle des caustiques sur les parties dans lesquelles les virus ont été portés, l'excision de celles qui se sont imprégnées de ces principes morbides peuvent encore être utiles en enlevant ou en détruisant ce qui n'a pu être saisi dès les premiers moments de l'inoculation. Mais ce sont là des points sur lesquels je ne dois pas insister ici.

La vitesse de l'absorption, telle que les expériences la mettent en évidence, suffit à peine à expliquer l'extrême promptitude des effets produits par certains poisons, l'acide cyanhydrique par exemple. Comme cet agent subtil déposé sur la conjonctive tue en quelques secondes, ou en un espace moindre que celui qui serait nécessaire pour lui faire parcourir le cercle circulatoire, on est porté à penser qu'il peut aller frapper le système nerveux par une autre voie. Peut-être est-il porté au cerveau, ainsi que le croit M. Bérard, par un reflux du sang de la conjonctive dans la veine ophthalmique, et de là dans les sinus caverneux de la dure-mère, reflux déterminé par les mouvements respiratoires.

L'activité de l'absorption, qui est en général proportionnée à la vitesse de celle-ci, est subordonnée à une foule de circonstances diverses qu'il importe d'indiquer.

Elle est portée au plus haut degré dans les voies aériennes, puis dans l'intestin grêle, le tissu cellulaire, les membranes séreuses. Elle est à peine sensible dans le tissu des cartilages, des tendons, des ligaments; elle l'est même très peu dans le tissu des nerfs et dans la substance assez vasculaire des centres nerveux, car il a été démontré que l'opium, la strychnine, l'upas, l'acide cyanhydrique, déposés sur de gros cordons nerveux et sur la substance cérébrale, y restaient sans effet, ou ne déterminaient de faibles symptômes d'empoisonnement qu'après de longues périodes.

L'activité de l'absorption est telle sur certaines membranes muqueuses, que plusieurs litres d'eau disparaissent des bronches d'un cheval en moins d'une heure. Quoique un peu moins prononcée dans l'intestin, elle enlève dans une période de vingt-quatre heures, chez le cheval, plus de 62 litres de liquides, provenant soit des boissons, soit des sucs digestifs. Dans tous les cas, elle n'entraîne pas la disparition complète des poisons pendant le temps qui s'écoule entre leur ingestion et le moment où ils tuent. Aussi quand un chien meurt vingt à vingt-cinq minutes après qu'on a injecté dans son estomac 6 à 7 grammes d'extrait de noix vomique délayée, le viscère garde encore de quoi empoisonner un autre chien de même taille. L'acide cyanhydrique qui, injecté dans une anse d'intestin grêle, tue en quatre à cinq minutes, se retrouve encore après la mort en quantité appréciable dans cette anse. La noix vomique, introduite dans l'une des plèvres du cheval à la dose de 32 grammes et sous forme de dissolution aqueuse, se retrouve encore après la mort en proportion très notable dans ce sac séreux, et s'y fait reconnaître à son extrême amertume et à sa couleur.

L'activité de l'absorption est modifiée par divers états de l'organisme et par plusieurs causes dont l'influence est facile à apprécier.

Le degré de plénitude du système vasculaire exerce sur cette fonction une action des plus remarquables, que les expériences de M. Magendie ont mise en évidence.

Le savant physiologiste ayant injecté près d'un litre d'eau dans les veines d'un

chien, mit dans la plèvre une faible dose d'une substance vénéneuse. Les effets du poison ne se manifestèrent que plusieurs minutes après l'époque à laquelle ils se montrent ordinairement.

Dans une autre expérience, on injecta par les veines autant d'eau tiède que l'animal put en supporter, c'est-à-dire environ deux litres. Le poison resta sans effet. Au bout d'une demi-heure, aucun des symptômes qui dans les circonstances ordinaires apparaissent en deux minutes ne s'était encore fait remarquer. Une large saignée fut alors pratiquée, et les effets de l'agent toxique se développèrent à mesure que le sang coulait.

Dans une troisième expérience, l'animal fut privé d'une demi-livre de sang, puis reçut le poison comme précédemment. Cette fois les effets, qui n'auraient dû se produire qu'au bout de deux minutes, se firent remarquer avant la trentième seconde.

Enfin, pour montrer que c'était bien la distension des vaisseaux et non le changement d'état du sang qui ralentissait l'absorption, M. Magendie fit une saignée à un chien, et lui rendit par les veines une quantité d'eau tiède égale au sang retiré des vaisseaux. Les effets de l'agent toxique furent aussi prompts et aussi intenses que dans les circonstances ordinaires.

On conçoit, d'après cela, comment l'absorption cutanée devient d'autant plus active chez les batraciens plongés dans l'eau que ces reptiles ont perdu davantage par la transpiration à l'air libre. On comprend de même comment l'absorption est plus active par l'estomac, l'intestin, les voies respiratoires, chez les animaux à jeun et débilités par des pertes de diverse nature; comment cette absorption s'active par le fait de la diète, de l'abstinence, de l'exercice, de la transpiration abondante, des émissions sanguines, etc. C'est sur la connaissance de ce fait important qu'est basé l'emploi des saignées et des moyens qui excitent les sécrétions cutanées, intestinales, urinaires, pour obtenir la résolution des œdèmes, des hydropisies, des infiltrations considérables, moyens dont les effets doivent être salutaires, s'ils sont appliqués avec assez de mesure pour ne pas trop débiliter l'organisme.

L'état de la circulation influe notablement sur l'absorption par la rapidité avec laquelle elle entraîne les substances à mesure qu'elles pénètrent dans les vaisseaux. Lorsque la circulation se ralentit dans une partie, par suite de l'oblitération incomplète de quelques artères, et surtout par un obstacle au cours du sang veineux, l'absorption s'y affaiblit en même temps que tous les tissus s'œdématient. Lorsqu'elle est gênée par une compression momentanée, l'absorption peut même se suspendre à peu près complétement, comme on le sait, par l'application de liens circulaires, plus ou moins serrés, sur les membres après la morsure des animaux enragés ou des reptiles venimeux; enfin, lorsque cette fonction est excitée localement, elle augmente l'activité de l'absorption. Les frictions sèches sur certaines parties du corps, telles que celles employées pour faire disparaître la graisse chez les athlètes et les chevaux de course, l'application des huiles essentielles, des liniments résolutifs sur les engorgements de diverse nature, agissent probablement surtout en excitant localement la circulation capillaire. La chaleur, l'électricité, dont les effets sont d'ailleurs si complexes et si nombreux, influencent aussi l'absorption par le surcroît d'activité qu'ils communiquent à la circulation.

La pression de l'air et celle des corps extérieurs peuvent activer, ralentir ou même suspendre momentanément l'absorption. Les expériences déjà anciennes de M. Barry ont fait voir que le vide incomplet de la ventouse empêche l'absorption et l'arrête quand elle a commencé. Le venin de la vipère, la strychnine, l'upas, l'acide cyanhydrique, déposés à la surface de la peau dénudée ou dans les interstices musculaires, restaient sans effet tant que les ventouses demeuraient appliquées sur les plaies, et, chose remarquable, ces poisons étaient ultérieurement absorbés avec plus de lenteur une fois que les parties revenaient à l'état normal. D'un autre côté, plusieurs expériences ont appris qu'à l'aide d'appareils particuliers augmentant la pression atmosphérique, on fait absorber rapidement les matières portées sur la peau et dans les solutions de continuité. Tous ces résultats expliquent très bien les avantages de la compression exercée sur plusieurs parties dans le traitement des tumeurs, des épanchements locaux, des engorgements articulaires, des hydropisies des synoviales et de la tunique vaginale.

Les différents actes de l'absorption s'accomplissent-ils sous l'influence du système nerveux? Et dans l'affirmative, en quoi consiste cette influence et quelles en sont les limites?

Jusqu'ici les physiologistes ont présenté à cet égard deux opinions diamétralement opposées. Les uns ont prétendu que les nerfs n'avaient pas d'influence sensible sur l'absorption, les autres ont avancé que sans l'intervention nerveuse cette fonction ne pouvait s'opérer. Les preuves données à l'appui de ces deux manières de voir étaient si équivoques que les plus sages ont cru qu'il n'y avait lieu à se prononcer ni pour l'une, ni pour l'autre. Pourtant la question pouvait être tranchée par la plus simple expérience.

Dupuy ayant constaté que la noix vomique injectée dans l'estomac du cheval après la section des nerfs vagues ne produit pas d'empoisonnement, fut porté à croire que l'intervention nerveuse était indispensable à l'absorption, et que sans elle celle-ci ne s'effectuait plus. M. Brachet (1), s'appuyant sur quelques expériences faites sur le chien, prétendit qu'après la résection des pneumo-gastriques l'opium et la noix vomique ingérés dans l'estomac ne produisaient pas d'effet jusqu'au moment de leur absorption et de leur arrivée aux centres nerveux. Or ces deux expérimentateurs se faisaient illusion. Il est bien vrai, comme Dupuy en a fait l'observation, que la noix vomique reste sans effet lorsqu'elle est déposée dans l'estomac du cheval après la résection des pneumo-gastriques, et que par conséquent elle n'y est pas absorbée; mais cette même substance vénéneuse reste également sans action lorsqu'elle est injectée dans l'estomac, les nerfs étant intacts.

En effet, nous avons démontré, M. Bouley et moi, que les substances toxiques ingérées dans l'estomac des solipèdes, après la ligature du pylore, ne produisent pas d'empoisonnement, soit que les nerfs vagues se trouvent intacts, soit qu'ils aient été préalablement réséqués. Si ces substances tuent dans les circonstances ordinaires, c'est que l'estomac, par ses contractions, les pousse dans l'intestin où leur absorption s'effectue. Si, au contraire, elles ne tuent pas après la section des

(1) *Recherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionnaire*. Paris, 1837, 2e édit., p. 226.

nerfs vagues, c'est que le viscère paralysé, ne pouvant les chasser dans l'intestin, les conserve dans sa cavité, où leur absorption n'est pas sensible.

D'autre part, les observations faites par M. Brachet sur le chien sont inexactes et les conclusions qu'il en tire sont fausses. Les poisons produisent leur effet à peu près aussi rapidement et avec autant d'intensité lorsque les nerfs vagues sont coupés que lorsqu'ils sont intacts. Nous avons fait voir qu'à la suite de la ligature du pylore les substances vénéneuses ingérées dans l'estomac du chien y étaient toujours absorbées très rapidement, soit que les nerfs fussent coupés, soit qu'ils fussent intacts.

Il est donc évident, d'après ce qui se passe chez les carnivores, que les nerfs vagues n'exercent pas d'influence sensible sur l'absorption gastrique, mais il ne faut point inférer de ce fait que les nerfs soient sans action sur les phénomènes de l'absorption. Après la section des nerfs vagues, les nerfs ganglionnaires nombreux qui arrivent à l'estomac, en serpentant autour des artères gastriques, peuvent suffire à exercer l'influence dont nous parlons. Il faudrait couper ces derniers avec les autres pour arriver à un résultat concluant : or la chose est possible en divisant transversalement les artères et en rétablissant la continuité entre les deux extrémités de chacune d'elles par un tube de verre ou un tube métallique dans lequel le sang continuerait à circuler.

Les autres expériences tentées pour mettre en évidence le rôle du système nerveux dans l'absorption ne sont pas plus concluantes que celles de Dupuy et de Brachet : il est facile de s'en convaincre même par un examen très superficiel.

Brodie ayant versé sur une patte antérieure d'un lapin un poison violent, après la section de tous les nerfs de cette extrémité, vit néanmoins l'empoisonnement se produire. Collard de Martigny, après la section des nerfs et de toutes les parties molles d'un membre dont les artères et les veines étaient intactes, obtint le même résultat. Enfin Panizza, après la section de tous les nerfs de la langue et des lèvres, a constaté que l'acide cyanhydrique, appliqué sur ces parties, tue comme dans les circonstances ordinaires. Mais dans toutes ces expériences les nerfs des parois artérielles n'étaient point détruits. Quant à l'expérience tant vantée de l'émulsine et de l'amygdaline, elle ne prouve rien en ce qui concerne l'absorption.

Quelque incomplètes que soient les tentatives faites pour apprécier l'influence nerveuse sur l'absorption, elles prouvent cependant que les nerfs cérébro-spinaux ne sont pas nécessaires à l'accomplissement de cette fonction ; mais elles ne jettent aucun jour sur la part d'action qui peut revenir aux nerfs ganglionnaires.

Pour peu qu'on réfléchisse à la nature intime des actes de l'absorption, on voit que l'intervention du système nerveux à leur égard doit être infiniment restreinte. Cette intervention n'est nécessaire ni à la pénétration des substances étrangères à travers les tissus, ni à leur entraînement par les courants vasculaires, la première action étant toute physique, et la seconde résultant du fait même de la circulation. Seulement les nerfs, en activant ou en ralentissant la circulation, et de plus en réglant la vitalité des parties organiques, influencent indubitablement l'absorption et lui impriment des modifications que les expériences ne peuvent mettre en relief, mais qui se traduisent par mille résultats divers dans les actes régulateurs de la résorption, soit des fluides exhalés, soit des éléments constitutifs des organes.

Tel est le mécanisme de l'absorption et telles sont les causes qui peuvent modifier cette fonction importante. L'analyse rapide que nous venons de présenter nous a montré comment une simple action physique devient l'élément initial, le point de départ d'une série de phénomènes dont la vie règle les conditions et qu'elle subordonne à des actions d'une autre nature. Il nous a été facile de voir que cette absorption a ses lois spéciales, qui ne sont pas identiques à celles des phénomènes résultant de la pénétration des liquides à travers les membranes privées de la vie. Ayant apprécié ce qu'elle a de commun avec l'imbibition par endosmose, nous pouvons maintenant saisir les nuances qui la distinguent de cette dernière, telle qu'elle s'opère en dehors des conditions physiologiques.

Les conditions de l'endosmose dans l'organisme ne sont pas telles que dans les expériences du physicien.

Dans les expériences, deux liquides immobiles sont isolés par une membrane inerte. Dans l'organisme, le liquide à absorber doit se mêler progressivement, d'abord aux produits versés sur les surfaces, puis aux fluides qui imprègnent la trame des tissus, avant d'arriver au sang et à la lymphe que contiennent les vaisseaux. Des deux principaux fluides dont le mélange doit s'opérer, l'un est en repos, l'autre est mû d'une impulsion rapide; la membrane intermédiaire est parcourue dans tous les sens par mille courants qui ne laissent jamais son tissu se gonfler, et qui emportent à mesure les molécules dont la filtration s'est effectuée.

Dans les phénomènes ordinaires de l'endosmose, c'est habituellement le fluide le moins dense qui se porte vers le fluide le plus dense. Dans l'organisme, tous les fluides, quel que soit le rapport de leur densité avec celle du sang et de la lymphe, se portent vers ces derniers. Sans doute les moins visqueux, les moins denses, peuvent être absorbés plus aisément que les autres; mais tous sont susceptibles de traverser les tissus vivants et de passer dans les vaisseaux.

Dans les expériences, l'endosmose se lie à l'exosmose; un courant dans un sens s'établit en même temps qu'un courant dans un sens opposé. Il n'en est pas ainsi dans l'économie, car l'absorption entraînerait inévitablement la sécrétion, et une sécrétion dont le produit serait partout identique avec lui-même. Or les choses se passent-elles de cette manière?

Les purgatifs salins administrés par les voies digestives déterminent, dit-on, un courant du sérum du sang vers la dissolution saline, dont la densité serait supérieure à celle du véhicule fibrino-albumineux dans lequel nagent les globules.

Mais d'abord est-il bien certain que la solution une fois mêlée aux liquides de l'estomac et de l'intestin conserve une densité plus grande que celle du sérum. A supposer qu'il en soit ainsi, pourquoi quelques gouttes d'huile de croton tiglium, quelques grammes d'huile de ricin et tous les autres purgatifs, quelle que soit leur densité, produisent-ils le même résultat? Pourquoi le purgatif injecté directement dans les veines, un étranglement de l'intestin, le contact momentané de l'air avec cet organe déterminent-ils le même effet?

Si ce sérum passe vers la dissolution saline dans l'intestin, comment se fait-il qu'il n'y passe point dans l'estomac, la trachée et les bronches, quand on injecte dans ces voies des solutions plus ou moins concentrées de sels alcalins, de prussiate de potasse, etc. Par suite de quelles causes variées le contact d'un liquide plus ou

moins dense avec une membrane détermine-t-il ici un flux séreux, là une sécrétion acide, dans d'autres points une exhalation de mucus ?

D'ailleurs, s'il y a exosmose du sérum sanguin vers la dissolution saline de l'intestin, pourquoi n'y a-t-il pas exosmose semblable entre le sérum du sang et la bile de la vésicule, l'urine de la vessie, le sperme des vésicules séminales? Enfin, si l'on admet qu'une sécrétion se fasse par exosmose, pourquoi n'attribuerait-on pas la même origine à toutes les autres? Dira-t-on que la synovie, la salive, le mucus, le suc gastrique, le lait, l'urine, filtrent par exosmose dans le tissu des glandes? Il est vraiment regrettable de voir des physiciens habiles défendre des idées qui conduisent logiquement à des déductions absurdes, et il est plus déplorable encore d'entendre des physiologistes prêter leur appui à d'aussi étranges conceptions.

CHAPITRE XXXV.

DU COURS DU CHYLE ET DE LA LYMPHE.

Maintenant que nous connaissons les agents de l'absorption, leur mode d'action et les points de l'économie animale où ils recueillent des matériaux de diverse nature, il faut voir comment les fluides absorbés progressent dans les vaisseaux blancs et viennent se mêler à la masse du sang. Cette étude comprendra l'examen du trajet que parcourent la lymphe et le chyle, la détermination des caractères propres à leur progression, enfin l'appréciation des causes qui mettent ces fluides en mouvement. Le cours des fluides absorbés par les veines sera exposé au sujet de la circulation.

I. Du trajet de la lymphe et du chyle.

L'itinéraire que suivent les fluides dans le vaste système des vaisseaux blancs doit être examiné ici avec quelques détails d'une manière générale, et spécialement en ce qui concerne les solipèdes et les ruminants, afin qu'on puisse se faire une idée nette des phénomènes complexes de la progression lymphatique. Nous allons voir comment il est tracé dans les membres, puis dans les diverses parties du tronc.

Dans les membres postérieurs, les lymphatiques commencent à devenir apparents sur les côtés de l'articulation métatarso-phalangienne. En dehors, il existe habituellement deux vaisseaux qui s'élèvent du niveau de la première phalange, en suivant la direction de l'artère et de la veine plantaire. L'un d'eux, plus grand que l'autre, reçoit à diverses hauteurs plusieurs branches collatérales, dérivées pour la plupart de la peau, des synoviales tendineuses et articulaires, puis il croise en avant du tarse, le tendon de l'extenseur antérieur des phalanges, la bride de renforcement de l'aponévrose tibiale, et arrive enfin se réunir aux nombreux lymphatiques du plexus de la saphène. L'autre vaisseau externe, qui devient bien apparent vers la partie moyenne du métatarse, se dirige en avant de la tubérosité externe et

inférieure du tibia pour longer un instant la bride de renforcement du fémoro-pré-phalangien, et devenir satellite plus ou moins éloigné de la veine saphène. En dedans de la même région, on voit s'élever aussi deux lymphatiques de 2 à 3 millimètres de diamètre. Le premier, déjà visible vers les grands sésamoïdes, s'accole à la veine plantaire interne, arrive avec elle en avant du tarse, passe sous les brides aponévrotiques et gagne la face interne de la jambe et de la cuisse. Le second, assez grand et très superficiel, demeure éloigné de la veine, bien qu'il vienne concourir à la formation du remarquable plexus qui suit le trajet de cette dernière. Ces vaisseaux, parvenus à la face interne de la jambe, sont accompagnés d'autres lymphatiques plus petits et très nombreux, qui s'élèvent de diverses hauteurs parallèlement les uns aux autres, soit immédiatement au-dessous de la peau, soit entre les aponévroses et les muscles les plus superficiels. Ils forment là, par leur ensemble, le plus beau plexus lymphatique sous-cutané qui existe dans l'économie. A mesure qu'ils montent à la face interne de la cuisse, on les voit augmenter de diamètre, devenir moins nombreux et se rapprocher de la saphène. Lorsque cette veine s'enfonce dans l'interstice compris entre le long et le court adducteur, ils se trouvent réduits à six ou huit branches grosses comme des plumes de corbeau, qui se glissent avec la saphène entre les muscles, et se ramifient bientôt dans les ganglions inguinaux profonds. Parfois il en est quelques-uns qui s'élèvent un peu plus que la veine et gagnent seuls le groupe ganglionnaire, ou accolés avec un filet détaché du nerf.

Tous les lymphatiques superficiels nés sur les côtés du jarret et de la jambe ne restent pas étalés au-dessous de la peau et des aponévroses: il en est un certain nombre qui s'engagent dans les interstices musculaires pour suivre le trajet des veines tibiales, antérieure et postérieure. Ceux-ci se réunissent aux lymphatiques profonds, satellites de ces veines, et ne tardent pas à traverser, au-dessus des condyles du fémur et en arrière de l'origine de l'extenseur du métatarse, un groupe de quatre ou cinq ganglions arrondis, brunâtres et fermes, connus sous le nom de *ganglions poplités*. Au delà de ce premier amas ganglionnaire, les vaisseaux, nés pour la plupart dans les muscles tibiaux postérieurs, le long vaste et ses congénères, se rassemblent en avant de l'artère fémorale, entre elle et la veine, de même que sur les côtés de celle-ci; ils s'élèvent, au nombre de six à huit, vers l'extrémité supérieure du fémur, et abordent les ganglions inguinaux profonds dans lesquels passent tous les satellites de la veine saphène.

Les ganglions inguinaux profonds, au nombre de quinze à vingt, forment un groupe allongé sous l'aponévrose crurale, entre les deux adducteurs de la jambe, immédiatement en avant de la veine et de l'artère fémorales. Les lymphatiques qui les traversent ne se distribuent point individuellement dans tous: les premiers qui s'y rendent se ramifient dans les ganglions inférieurs, et ceux qui viennent ensuite en font autant dans les ganglions de plus en plus élevés sur le trajet de la veine fémorale. Les ramifications des vaisseaux blancs y sont très larges et facilement perméables aux injections, car les petits lobes ganglionnaires sont mous, jaunâtres, plexiformes à la surface et celluleux à l'intérieur; disposition qui contraste avec celle des ganglions poplités dont la consistance, la densité et la teinte cendrée semblent indiquer une perméabilité peu prononcée, telle qu'elle existe du reste dans

les ganglions placés les premiers sur le trajet des vaisseaux lymphatiques. Ils manquent chez les grands ruminants.

Les vaisseaux des parois inférieures de l'abdomen, en dehors de la tunique abdominale, ceux du fourreau, du pénis et des enveloppes testiculaires chez le mâle, des mamelles chez la femelle, se portent, en décrivant des flexuosités nombreuses, vers les ganglions inguinaux superficiels rassemblés en avant du pubis et près de l'orifice inférieur du trajet inguinal. Ils les traversent, puis se rassemblent au delà du groupe en six à huit troncs accolés les uns aux autres, et répartis inégalement en avant et en arrière des vaisseaux sanguins. Les plus petits, situés généralement en avant de ceux-ci, sont les plus nombreux. Les plus grands, du diamètre d'une plume à écrire, sont énormément développés sur les mâles entiers et les femelles qui allaitent; ils s'engagent tous ensemble dans le trajet inguinal, et, parvenus à une certaine hauteur de ce canal, ils s'unissent aux lymphatiques qui sortent des ganglions inguinaux profonds, se ramifient en partie dans ces derniers, pour se porter ensuite dans la cavité abdominale, en suivant la direction des troncs iliaques externes.

Les lymphatiques d'une partie de la face antérieure de la cuisse, de ceux de la face externe et d'une certaine étendue de la croupe, se dirigent vers un petit amas ganglionnaire noyé dans le tissu fibro-graisseux de la partie antérieure de la cuisse, et à la surface du fascia lata. Ce groupe, peu important chez les solipèdes, est souvent remplacé chez le bœuf par un gros ganglion brunâtre, allongé, très dense, comme la plupart des ganglions de ce ruminant. Il correspond évidemment aux ganglions iliaques externes de l'homme, des singes et des carnassiers. Les lymphatiques qui l'ont traversé deviennent assez larges en s'accolant à une branche de la circonflexe iliaque et à sa veine satellite; ils remontent avec ces vaisseaux à la face interne du fascia lata, pénètrent dans la cavité abdominale, et abordent avec la circonflexe les ganglions sous-lombaires.

Ainsi, la lymphe des extrémités postérieures, rassemblée par des vaisseaux profonds, satellites des artères et des veines et par une infinité d'autres vaisseaux superficiels, répandus surtout à la face interne des membres, traverse donc plusieurs groupes de ganglions avant de parvenir dans l'abdomen. Celle des vaisseaux profonds de la partie inférieure des membres passe dans les ganglions poplités, puis de là dans les ganglions inguinaux de l'arcade crurale; celle des vaisseaux superficiels, du pied, de la jambe, d'une partie de la cuisse, se rend directement dans ces derniers ganglions; celle des organes génitaux externes, des mamelles, d'une partie des parois de l'abdomen, aborde les ganglions inguinaux superficiels; enfin la lymphe de la face antérieure de la cuisse et d'une partie de la croupe vient traverser les ganglions pré-cruraux, pour passer de là dans l'abdomen par les ouvertures que franchissent la circonflexe iliaque et quelques autres branches du tronc pelvien. Il faut maintenant suivre cette lymphe au delà des premiers ganglions jusque vers le point de départ du canal thoracique, et en même temps voir le trajet de celle qui émane des parties profondes de la croupe, du bassin et des parois abdominales.

Les vaisseaux blancs, qui naissent dans les muscles profonds de la croupe, autour de la queue, à l'extérieur du bassin, dans la cavité pelvienne, s'accolent aux

artères et aux veines fessières, ischiatiques, iliaco-musculaires, ischio-sacrées, et parviennent, en suivant le même trajet que ces veines, dans les ganglions sous-lombaires; mais ils sont fort difficiles à suivre à travers les parties qu'ils traversent; d'autant que, n'ayant jusqu'alors rencontré aucun ganglion, ils n'arrivent pas à acquérir un diamètre bien considérable.

Les lymphatiques sortant des ganglions inguinaux superficiels et profonds, après s'être rassemblés vers le haut de l'arcade crurale en deux ou trois troncs volumineux, suivent le trajet de l'artère iliaque externe et de sa veine satellite jusqu'au point où celle-ci se jette dans le tronc de la veine cave. Là ils se divisent dans les ganglions sous-lombaires avec les lymphatiques venus directement du bassin, ceux du cordon testiculaire, de l'utérus, des ovaires, et avec les vaisseaux émanés des ganglions cruraux.

Ces ganglions sous-lombaires, très nombreux et d'un volume considérable, sont groupés sur les côtés de l'aorte et de la veine cave, et au-dessous de ces vaisseaux, depuis l'extrémité antérieure du sacrum jusqu'au niveau de la grande mésentérique; ils sont traversés par tous les lymphatiques qui viennent se terminer à la naissance du canal thoracique.

Chez les solipèdes, le premier, en commençant d'arrière en avant, c'est-à-dire en suivant le cours de la lymphe, est impair et placé sur la ligne médiane dans le sinus de l'angle formé par la séparation des deux iliaques internes : il reçoit principalement les lymphatiques qui accompagnent les artères sous-sacrées, et quelques divisions musculaires de la croupe. Le second ganglion, pair, comme la plupart des autres, est situé immédiatement sur le côté de l'aorte, entre le tronc crural et le tronc pelvien; il reçoit les lymphatiques dérivés des ganglions inguinaux superficiels et profonds, et ceux des ganglions cruraux. Ces derniers vaisseaux se divisent avant de l'aborder, puis le pénètrent à son extrémité postérieure, et en sortent pour passer de là dans les ganglions plus rapprochés du réservoir sous-lombaire. Le troisième ganglion volumineux de la région est accolé à l'aorte, en avant de l'iliaque externe et à l'origine de la circonflexe; il reçoit les branches qui sortent du précédent et les trois ou quatre lymphatiques qui rampent autour de l'artère et de la veine circonflexe, vaisseaux dérivés des ganglions pré-cruraux et des parois latérales de l'abdomen. Enfin un nombre assez considérable d'autres sont disséminés sur les côtés de l'aorte, à sa face supérieure et au-dessous de la veine cave. Leur volume, leur forme, leur situation respective et leur nombre n'ont rien de bien déterminé, et jamais ceux d'un côté n'affectent la même disposition que ceux du côté opposé.

Tous ces ganglions, les uns jaunâtres, les autres plus ou moins rosés, sont excessivement mous et susceptibles de se gonfler à divers degrés. Les plus grands montrent à leur surface et dans leur épaisseur les ramifications des lymphatiques qui y arrivent et qui en sortent. Les moins grands, et surtout les plus rapprochés de la citerne, sont rosés, très mous, plexiformes au plus haut degré, et formés, à proprement parler, par des lymphatiques sinueux accolés ou pelotonnés ensemble. Aussi, quand ils sont distendus par la lymphe ou par les matières à injection, ils doublent et même triplent de volume, en montrant nettement leur texture réelle.

Il est à remarquer, du reste, et ceci a une importance capitale sous le rapport de la progression de la lymphe, que les vaisseaux qui se rendent aux ganglions sous-

lombaires ne s'y résolvent pas complétement en divisions ténues, desquelles naissent ensuite des branches de plus en plus grandes, comme on le voit dans la plupart des ganglions, et notamment dans ceux que les vaisseaux traversent pour la première fois. Les lymphatiques, en arrivant à ces ganglions, leur donnent des branches qui s'y divisent jusqu'à une extrême ténuité, puis les traversent par des rameaux énormes, de telle sorte qu'une partie de la lymphe charriée par ces vaisseaux passe directement des afférents dans les efférents, sans traverser le parenchyme ganglionnaire. Aussi les matières à injection, même les plus grossières, passent-elles avec facilité des vaisseaux de l'arcade crurale, par exemple, dans le canal thoracique. De même, l'air que l'on insuffle dans ces derniers ne tarde pas à distendre les ganglions, puis à passer dans la citerne et à parvenir dans le système veineux par l'intermédiaire du canal thoracique. On conçoit, d'après cela, la possibilité de tuer les animaux en poussant de l'air par les vaisseaux qui offrent une telle disposition.

Chez les ruminants, les animaux carnassiers et les singes, les ganglions sous-lombaires ne présentent plus les mêmes caractères. Ceux du bœuf sont compacts, brunâtres, bien circonscrits. Le premier, et le plus grand de tous, est aplati, discoïde, échancré en avant, au point d'où se détachent les efférents. Il occupe l'espace triangulaire laissé entre la circonflexe iliaque et le tronc crural. Les autres, situés en avant de celui-ci, autour de l'aorte et de la veine cave, reproduisent, sous de moindres proportions, les particularités distinctives du premier.

Des ganglions sous-lombaires, de chaque côté, s'échappent deux ou trois grosses branches, qui se réunissent souvent en une seule, longue d'environ 10 à 12 centimètres depuis son point de départ jusqu'à sa jonction avec l'origine du canal thoracique.

Le vaisseau des ganglions droits passe au-dessous de la veine cave, entre elle et l'aorte, vient s'anastomoser assez souvent avec des branches du côlon flottant, et s'ouvre dans le canal thoracique au niveau de la deuxième vertèbre des lombes, immédiatement en arrière de la veine et de l'artère rénales droites. Le vaisseau des ganglions gauches, accolé à l'aorte, passe tantôt au-dessus d'elle, et tantôt au-dessous, pour venir se terminer au même point que le précédent, avec lequel il se met en rapport dans une étendue de 2 à 3 centimètres. Parfois les branches émanées des ganglions lombaires, au lieu de se rassembler en deux vaisseaux principaux, un de chaque côté, restent distinctes et marchent accolées ensemble en formant deux faisceaux, qui s'ouvrent dans la citerne au lieu ordinaire. Enfin, dans quelques cas, ces vaisseaux viennent s'aboucher dans une grosse branche située en arrière de la grande mésentérique, et apportent à la citerne la lymphe du côlon replié et une partie du chyle de l'intestin grêle.

Après avoir amené à la naissance du canal thoracique la lymphe des diverses parties des membres postérieurs, du bassin, des organes génitaux et des parois abdominales, il faut aller chercher celle des viscères digestifs et la conduire de même à ce qu'on appelle depuis longtemps le réservoir sous-lombaire.

La lymphe des dernières parties du gros intestin, c'est-à-dire du rectum et du côlon flottant, est rassemblée par plusieurs vaisseaux qui sillonnent le mésentère de ces deux sections du tube digestif. Ceux du pourtour de l'anus passent déjà à

travers deux ganglions placés à la base de la queue et de chaque côté du sphincter. Ceux de la partie antérieure du rectum se glissent, en décrivant des flexuosités, au-dessus de la branche rectale de la petite mésentérique et viennent, au nombre de cinq ou six, traverser un petit amas ganglionnaire placé tout près du tronc de cette artère. Les lymphatiques nés des divers points du côlon flottant traversent, en sortant des tuniques intestinales, les nombreux ganglions qui se trouvent à l'insertion du mésentère, entre les arcades artérielles et veineuses et la bande charnue du bord concave de cet intestin. Ils remontent ensuite entre les deux lames du mésentère, soit en suivant les vaisseaux sanguins, soit en serpentant dans leurs intervalles. Chemin faisant, quelques-uns de ces lymphatiques se jettent encore dans des ganglions arrondis, inégalement espacés sur le trajet des divisions de la petite mésentérique. La plupart se rassemblent vers l'origine de celle-ci pour se réunir en plusieurs branches anastomotiques avec les divisions des ganglions sous-lombaires. Quelques-uns, et notamment les plus antérieurs, s'unissent aux vaisseaux lymphatiques du côlon replié, et concourent ainsi à la formation de l'une des grosses branches intestinales qui s'insère à la citerne du chyle.

Les lymphatiques du côlon replié et du cœcum affectent une disposition fort remarquable. Ceux du côlon replié, nés pour la plupart dans le tissu de la membrane muqueuse, se dirigent tous vers les artères et les veines coliques. Parvenus à une certaine distance de ces dernières, ils traversent quelques petits ganglions disséminés vers l'origine des branches collatérales des artères coliques droite et gauche, puis ils se rendent à d'autres ganglions très nombreux rangés en une double chaîne sur le trajet des grands vaisseaux, et à l'attache du frein péritonéal qui unit l'une à l'autre les deux parties de cet intestin. Les petits lymphatiques, à mesure qu'ils sortent des ganglions, se rassemblent pour former d'abord deux ou trois vaisseaux qui longent les artères, leurs veines satellites et leurs nerfs. A ceux-ci se joignent, sous des angles très aigus, les branches qui émanent successivement des diverses granulations de l'une des deux chaînes. Les branches qui naissent dans des points de plus en plus rapprochés de l'origine des artères coliques augmentent graduellement de diamètre et de longueur, elles ne viennent se terminer aux grands vaisseaux lymphatiques qu'après avoir rampé près d'eux sur un trajet assez étendu. Bientôt quelques-unes d'entre elles marchent parallèlement à ces derniers, et forment des troncs nouveaux qui, à leur tour, grossissent comme les autres par l'adjonction de ramifications collatérales. Enfin, vers la naissance des deux artères du côlon replié, les dix à douze lymphatiques qui les suivent parallèlement se plongent dans de nouveaux ganglions, et en sortent sous forme de grosses branches très courtes, dont la réunion à celles des vaisseaux de l'intestin grêle donnera naissance aux deux troncs par lesquels la lymphe et le chyle sont versés dans le réservoir sous-lombaire.

Les lymphatiques du cœcum se rassemblent, comme ceux du côlon replié, sur le trajet des deux artères cœcales et de leurs veines satellites. Ils se plongent aussi dans deux chaînes ganglionnaires, et donnent naissance à de longs vaisseaux qui aboutissent au même tronc que ceux de l'intestin grêle.

Les vaisseaux blancs qui puisent dans l'intestin grêle le chyle et la lymphe sont plus multipliés que dans aucune des autres parties de l'économie. Après s'être dé-

gagés du tissu des villosités dans lesquelles naissent, comme nous l'avons vu, leurs principales racines, ils traversent la muqueuse et la membrane charnue pour se rendre entre les deux lames du mésentère. Là, d'abord nombreux et très petits, ils s'anastomosent les uns avec les autres, en diminuant de nombre et en prenant un diamètre plus considérable, sans jamais arriver à de grandes proportions. Parvenus à 1 ou 2 décimètres au-dessous des ganglions, ils sont réduits au nombre de quatre à cinq cents canaux rapprochés, pour la plupart parallèles entre eux et avec les vaisseaux sanguins. Dès qu'ils abordent les vingt-cinq à trente ganglions groupés vers la naissance des artères de l'intestin grêle et les quinze à vingt petits ganglions de l'iléon, ils s'y divisent, puis ils en sortent à l'état de grosses branches, dont l'ensemble concourt à la formation des deux troncs intestinaux dont nous avons déjà parlé. Ces chylifères ne traversent pas d'autres ganglions, car ceux que certains anatomistes décrivent au bord concave du petit intestin sont des ganglions imaginaires.

Les lymphatiques de l'estomac se rassemblent vers les courbures du viscère. Il en est un grand nombre qui vont se plonger dans les gros ganglions de la petite courbure, entre le cardia et le pylore, entre l'extrémité de l'œsophage et la tubérosité gauche. Les autres se dirigent vers les petits ganglions disséminés sur la grande courbure, à l'attache de l'épiploon spléno-gastrique. Tous se rassemblent sur le trajet des artères et des veines gastriques, remontent au niveau de la grosse tubérosité, vers le tronc de la cœliaque. Là ils s'anastomosent avec les lymphatiques dérivés de la rate et du foie, et se réunissent en plusieurs branches flexueuses, qui s'ouvrent les unes directement dans le canal thoracique, les autres après s'être confondues avec le tronc antérieur des lymphatiques intestinaux.

Ceux de la rate, nés les uns dans la profondeur du viscère, les autres à sa surface, se dirigent vers l'artère et la veine spléniques; ils traversent plusieurs groupes de ganglions disposés sur le trajet de ces vaisseaux, à partir du milieu de la longueur de la scissure; remontent au nombre de cinq ou six vers l'origine de l'artère en formant un peloton sinueux dont les divisions, anastomosées avec celles de l'estomac et du foie, s'abouchent d'une part dans le tronc antérieur des lymphatiques de l'intestin, et d'autre part dans un magnifique plexus communiquant directement avec le canal thoracique.

Enfin les lymphatiques du foie, observés les premiers par Veslingius, forment un réseau très serré à la surface et un lacis dans l'intérieur du parenchyme. Ils se rassemblent vers la scissure postérieure, et se plongent d'abord dans un premier groupe ganglionnaire fort petit, puis dans un second groupe de ganglions volumineux, arrondis et cachés entre le tronc de la veine porte et le pancréas. Ruysch en a donné pour le cheval une figure que Blasius et d'autres auteurs ont reproduite. Leur abouchement est commun à celui des vaisseaux de l'estomac et de la rate.

Ces nombreux lymphatiques, dérivés des viscères abdominaux, concourent avec ceux des extrémités postérieures à la formation du canal thoracique qui conduit le chyle et la plus grande partie de la lymphe dans le système veineux. Considérons donc d'abord ce canal à son point de départ, avant de le suivre jusqu'à sa terminaison.

Au-dessus de l'aorte et au niveau du corps de la deuxième vertèbre des lombes,

entre les deux piliers du diaphragme, les lymphatiques des extrémités postérieures et des viscères de l'abdomen, viennent s'ouvrir dans une ampoule très large, aplatie, irrégulière, qui prend une forme cylindrique et se dévie à droite en pénétrant dans la cavité thoracique. Cette ampoule, à parois fort minces et presque transparentes, adhère intimement en haut avec le ligament vertébral commun inférieur, en bas avec l'aorte, et sur les côtés avec les tendons d'origine des piliers diaphragmatiques. Elle reçoit en arrière les vaisseaux lymphatiques des ganglions lombaires, à gauche les deux troncs terminaux des chylifères et des lymphatiques, tant du gros intestin que de l'estomac, du foie et de la rate, enfin, à droite, quelques petites branches provenant de ces trois derniers organes.

Les vaisseaux lombaires, multiples à leur départ des ganglions qu'ils ont traversés en dernier lieu, finissent par se réunir de chaque côté, le plus souvent en une ou en deux branches, dont la jonction avec la citerne a lieu tantôt directement, tantôt par l'intermédiaire du tronc lymphatique intestinal postérieur, ou même, dans certains cas, par ces deux modes réunis, car il est fréquent de voir le vaisseau lombaire droit s'ouvrir dans la citerne, tandis que le gauche s'abouche dans le tronc dont je viens de parler.

Ce tronc lymphatique intestinal postérieur, qui résulte de la fusion d'une partie des vaisseaux du côlon et de l'intestin grêle, naît à gauche des divisions de la grande mésentérique, se porte en arrière de l'origine de cette artère, croise la direction de l'aorte, s'engage entre elle et la veine cave, en arrière de l'angle droit du pancréas, de l'artère et de la veine rénale droite, puis se recourbe de manière à décrire un arc à concavité antérieure, enfin s'insère au confluent de la citerne. Il arrive souvent que ce vaisseau, dont le diamètre moyen est de 1 centimètre à un centimètre et demi, se dilate un peu avant sa terminaison, de manière à former une ampoule ovoïde innominée, que l'on trouve fréquemment pleine de chyle ou de lymphe après la mort.

Le tronc intestinal antérieur, habituellement plus considérable que le précédent, amène une partie du chyle de l'intestin grêle, et une certaine proportion de la lymphe du gros intestin, de l'estomac, du foie et de la rate. A partir de sa naissance, qui a lieu à gauche du faisceau de la grande mésentérique, il se dirige en avant de celle-ci, passe entre elle et la cœliaque, puis se recourbe brusquement en arrière, s'applique en dehors sur le pilier droit du diaphragme qui le sépare de l'aorte, croise presque à angle droit la direction du cordon splanchnique du grand sympathique, passe au-dessus de la veine et de l'artère rénale droite, en arrière desquelles il s'abouche dans la citerne. Cette branche, longue de plus de 1 décimètre depuis le point où elle reçoit les satellites de la cœliaque jusqu'à son insertion à droite de l'aorte et de la citerne, se trouve habituellement renflée en avant de l'origine de la grande mésentérique. L'ampoule qu'elle offre en ce point, étant le confluent des vaisseaux de l'estomac, du foie et de la rate avec ceux d'une partie de l'intestin, peut être considérée comme une citerne accessoire dont le volume égale à peu près celui d'un œuf de perdrix.

Enfin les petites branches sinueuses qui dérivent du voisinage de la cœliaque s'ouvrent à gauche de la citerne par plusieurs orifices, et à 7 ou 8 centimètres en avant du confluent des branches lombaires et intestinales.

Le réservoir sous-lombaire, ou le réceptacle du chyle ainsi constitué, est très grand, et d'une complication remarquable chez les animaux solipèdes. C'est une vaste cellule allongée, aplatie, accolée à l'aorte et au corps des deux premières vertèbres des lombes. Sa cavité, anfractueuse, diverticulée et divisée par des brides, se dilate à droite au niveau du confluent et en avant de ce point pour donner naissance au canal thoracique; elle se dilate de la même manière à gauche, quand il y a là un second canal plus ou moins exactement semblable au premier. Les variétés de configuration qu'elle peut offrir sont fort nombreuses, ainsi que l'indiquent les figures des pages suivantes, qui représentent les principales. La figure élégante que Ruysch a donnée du réservoir sous-lombaire du cheval ne reproduit ni l'état normal, ni aucune de ses variétés, car l'illustre anatomiste, peu familiarisé sans doute avec l'organisation des solipèdes, a pris une des grosses branches qui aboutissent au réceptacle du chyle pour ce réceptacle lui-même (1).

Chez le bœuf, les afférents du canal thoracique n'affectent point la même disposition que celle qui appartient aux animaux solipèdes. Les chylifères et les lymphatiques du gros intestin, dès qu'ils arrivent au mésentère, traversent des ganglions compacts, brunâtres, dont quelques-uns ont une longueur de 20 à 30 centimètres, puis ils en sortent peu nombreux, avec un diamètre considérable, se réunissent progressivement en un tronc volumineux, qui s'accole à l'artère et la veine grande mésentérique, la seule qui existe. Ce canal, qui, à mesure qu'il s'élève, grossit par l'adjonction de nouvelles branches, passe avec la mésentérique à gauche de la partie antérieure du cœcum, de la première partie du côlon et de plusieurs anses d'intestin grêle, sous le pancréas. Arrivé en arrière du foie, il reçoit une branche considérable pourvue de plusieurs ampoules ovalaires, et résultant de la fusion des lymphatiques de l'estomac, du foie et de la rate. Cependant quelquefois cette branche parvient directement à la citerne sans se réunir avec le canal dont nous parlons. Celui-ci, parvenu à 1 décimètre ou seulement à quelques centimètres de l'aorte, se divise en deux branches, l'une qui se dirige en arrière et reçoit, au bord supérieur de l'aorte, le tronc commun des vaisseaux lombaires; l'autre, qui se glisse en avant, gagne le niveau du corps de la première vertèbre lombaire et vient, en se réunissant à la première, former une arcade ou une couronne autour de l'artère et de la veine rénales droites. De la partie antérieure de cette couronne, se détache, par un renflement plus ou moins prononcé, l'origine du canal thoracique. Mais assez souvent il n'en est pas ainsi. La branche dérivée des estomacs, du foie et de la rate se porte directement à la citerne. La branche intestinale s'y porte aussi en arrière de la précédente, après avoir donné un rameau rétrograde qui s'anastomose avec le tronc des vaisseaux lombaires, lequel suit le bord supérieur de l'aorte pour se joindre au confluent des deux branches précédentes; mais ici encore, il y a une arcade autour de l'artère rénale droite.

Chez les petits ruminants, la chèvre et le bélier, par exemple (fig. 60), la disposition d'ensemble des afférents du réservoir sous-lombaire est à peu près semblable à celle qui existe dans le bœuf. Les vaisseaux sous-lombaires qui, à l'entrée du bassin

(1) Voyez cette planche dans Gerardi Blasii, *Anatome animalium*, 1681, p. 378.

forment deux branches, ne tardent pas à se réunir en un tronc très valvuleux, long de 1 décimètre et passant au-dessus de l'aorte pour se rendre à la citerne. Le canal chylifère, satellite de la mésentérique, arrivé à trois travers de doigt de l'origine de cette artère, se divise en six à huit branches parallèles accolées ensemble,

Fig. 60.

qui se séparent en deux faisceaux, lesquels viennent finalement s'ouvrir au réservoir sous-lombaire après avoir décrit une arcade autour de la veine et de l'artère rénales droites. Je ne sais si cette remarquable disposition se voit constamment chez ces animaux.

Chez les carnassiers, la réunion des vaisseaux sous-lombaires avec les chylifères et les autres lymphatiques des viscères abdominaux est peu compliquée. Tous ces vaisseaux s'abouchent isolément dans une ampoule ovoïde qui commence en haut de l'aorte dans la cavité abdominale, et se prolonge dans le thorax en avant du pilier droit du diaphragme. Le réceptacle du chyle y est, même proportionnellement beaucoup plus développé que dans beaucoup d'autres animaux. Aussi peut-il y être facilement reconnu sans le secours des injections, et en ouvrant tout simplement le thorax et l'abdomen d'un chien en pleine digestion. Il est si peu dilaté dans quelques espèces, que plusieurs anatomistes en ont nié l'existence, mais il ne s'y trouve pas moins. Déjà du temps de Haller, on l'avait reconnu dans le chien, le loup, le lion, l'ours, le phoque, le hérisson, le cheval, le bœuf, le cerf, la chèvre et le porc.

Voilà le chyle amené à l'origine du canal thoracique et mêlé à la lymphe des parties postérieures du corps et des viscères abdominaux; il faut conduire ces deux fluides dans le système veineux, c'est-à-dire étudier leur trajet dans toute la longueur de la veine blanche du thorax.

A partir du point de jonction des divers affluents du réservoir sous-lombaire, le canal thoracique reste encore dilaté sur une certaine étendue, entre les deux piliers du diaphragme et en avant de ceux-ci. Son renflement, oblong, ovoïde, large de plus de 2 centimètres, se dégage de l'espace compris entre l'aorte et le corps des vertèbres, se dévie à droite et vient se placer sur le côté de cette artère et à son bord supérieur. Là, depuis la dernière vertèbre dorsale jusqu'à la sixième, c'est-à-dire jusqu'à l'origine du muscle sous-dorso-atloïdien, le canal thoracique des solipèdes longe le bord inférieur de l'azygos et le bord supérieur de l'aorte, en

dehors des artères intercostales droites, et complétement à découvert; il reçoit, au niveau de chaque vertèbre, de petites branches qui proviennent des ganglions disposés en une double chaîne dans le tissu adipeux interposé à la colonne dorsale et à l'artère aorte. Au niveau de la sixième vertèbre du dos, il s'éloigne un peu du rachis, se dirige vers la ligne médiane, passe au dessous et à droite de l'azygos, dont il croise la direction, reçoit inférieurement des branches des ganglions œsophagiens et bronchiques, se place entre le sous-dorso-atloïdien et l'œsophage, puis passe à gauche de ce dernier et de la trachée, se glisse entre les lames fibreuses qui s'élèvent du péricarde à la base des gros vaisseaux et sous le milieu du long du cou. Là il devient tout à fait apparent du côté gauche à travers les lames du médiastin antérieur, y décrit un S, puis, vers la première côte, s'engage entre les ganglions lymphatiques, à la face interne des artères dorso-musculaire, cervico-musculaire, des veines correspondantes et du ganglion cervical inférieur du nerf grand sympathique. Il sort du thorax au-dessous de l'œsophage, et séparé de la première côte gauche par la veine vertébrale, puis se dirige en bas et vient s'ouvrir au sommet de la veine cave antérieure, en haut du point de réunion des deux veines jugulaires. Dans sa partie pré-thoracique, le canal est compris dans un espace triangulaire à base supérieure, circonscrit par deux lames fibreuses qui, s'élevant de l'appendice trachélien du sternum, passent entre les deux veines jugulaires pour se fixer aux apophyses trachéliennes des deux dernières vertèbres cervicales, à la face interne des muscles scalènes.

Le canal thoracique, qui reçoit toujours vers son insertion plusieurs branches des ganglions voisins, et particulièrement de ceux du côté gauche, n'a pas un diamètre uniforme, ni des parois également épaisses sur toute sa longueur. Sa cavité se rétrécit graduellement, depuis le diaphragme jusque vers le milieu de la région dorsale; elle s'agrandit un peu à l'endroit où s'abouchent les vaisseaux des ganglions bronchiques, se resserre de nouveau entre les lames du médiastin antérieur, et enfin elle s'agrandit un peu vers le golfe des jugulaires, de manière à donner à la portion terminale du conduit la forme d'une ampoule ovoïde, tantôt à peine prononcée, tantôt, au contraire, assez considérable pour atteindre le volume d'un œuf de perdrix. Les parois du canal, partout assez minces pour être presque transparentes, sont renforcées à partir de la base du cœur par les lames fibreuses émanées du péricarde, et par un tissu de la même nature que ces dernières. Aussi sa distension, à sa partie antérieure, est-elle très restreinte par ce revêtement protecteur.

Le canal thoracique est loin de se montrer toujours tel chez les solipèdes que je viens de le décrire; il y présente sur son trajet et à son insertion un grand nombre de variétés que nous devons passer en revue.

Le canal simple se sépare quelquefois, sur un point de sa longueur, en deux branches qui, après avoir marché parallèlement l'une à l'autre, se réunissent bientôt pour reconstituer le canal unique. Cette division s'opère habituellement au niveau de la base du cœur, c'est-à-dire à l'endroit où s'abouchent les lymphatiques des ganglions bronchiques et œsophagiens; elle forme un anneau dont l'ouverture n'a souvent pas plus de 1 centimètre de diamètre, ou une ellipse dont le grand axe a de 1 à 2 décimètres d'étendue. On la voit se produire une, deux et même trois fois sur la moitié antérieure du canal, qui redevient simple à son insertion comme

il l'était à son origine. Les espaces circonscrits par les bifurcations constituent ce qu'on appelait autrefois les *insula*.

Le canal, au lieu de demeurer simple, devient fort souvent double dès son point de départ (fig. 61). Alors les deux canaux sont sensiblement égaux, ou l'un est plus

FIG. 61.

A. Le réservoir du chyle. *B*. Les branches sous-lombaires.
C. La branche mésentérique antérieure. *D*. La branche mésentérique postérieure.

grand que l'autre. S'ils sont inégaux, c'est ordinairement le droit qui l'emporte sur l'autre ; cependant le contraire a lieu quelquefois. Dans tous les cas, les deux canaux sont isolés, l'un à droite, l'autre à gauche de l'aorte. En s'avançant vers l'entrée du thorax, ils restent complétement séparés, ou ils communiquent entre eux par une ou deux branches anastomotiques tranversales plus ou moins volumineuses. Parvenus à 25, 20 et même quelquefois à 3 à 4 centimètres de leur abouchement au golfe des jugulaires, les deux canaux se rapprochent et se confondent en un seul. C'est généralement au niveau de la base du cœur que leur fusion s'opère. Jamais je n'ai vu les deux canaux rester distincts dans toute leur étendue et venir s'insérer isolément dans la veine cave.

Quelquefois (fig. 62) il émane des ganglions de l'entrée du thorax un long canal

FIG 62.

qui marche parallèlement au premier avec lequel il va se joindre par un cours rétrograde vers les piliers du diaphragme.

Le canal thoracique, double dans la plus grande partie de son étendue et à partir du réservoir sous-lombaire, finit parfois par devenir triple. Dans ce cas le plus grand des deux canaux se divise en deux branches; puis les trois canaux, après avoir parcouru un certain trajet, se joignent ensemble au même endroit ou bien deux d'entre eux se réunissent d'abord en un seul, auquel le troisième va s'aboucher à une distance variable du confluent des premiers.

Les variétés d'insertion sont rares chez les solipèdes. Généralement le canal est simple lorsqu'il s'ouvre dans la veine cave. Quelquefois, mais fort rarement, il est divisé en deux branches (fig. 63), longues tout au plus de 2 à 3 centimètres, qui

Fig. 63.

s'insèrent isolément soit l'une au-devant de l'autre, soit sur la même ligne transversale, laissant entre elles un léger écartement, espèce d'arcade rappelant une disposition fort commune dans le chien, et déjà figurée par Blasius il y a près de deux siècles.

Le lieu où se fait l'insertion des deux canaux est invariable : c'est toujours en haut de la veine cave, et précisément au point de jonction des deux jugulaires, ce qu'aucun anatomiste n'a encore indiqué. Jamais le canal ne se termine ni à l'axillaire gauche, ni à la réunion de cette veine avec la jugulaire correspondante, comme le dit Bourgelat. On ne le voit pas non plus s'ouvrir tantôt dans le tronc brachial gauche, et tantôt dans le tronc brachial droit comme l'avance Girard, ni enfin, soit dans l'un, soit dans l'autre de ces deux troncs, ainsi que le prétend M. Lavocat. Si ces auteurs eussent un peu plus étudié sur le cadavre que dans les livres d'anatomie humaine, ils auraient trouvé le point réel d'insertion qu'ils ont méconnu, et se seraient gardés de signaler des variétés purement imaginaires.

Le canal thoracique des grands ruminants, une fois parvenu dans le thorax par une ouverture spéciale du diaphragme presque distincte de l'arcade aortique, se place au-dessus et à droite de l'aorte, entre elle et la colonne vertébrale. Là, quoique en dehors des artères intercostales correspondantes, il est complétement caché par une couche épaisse de tissu graisseux, dans laquelle sont enveloppés les nombreux ganglions sous-dorsaux. Vers la cinquième vertèbre dorsale, il reçoit un gros

vaisseau lymphatique provenant des ganglions énormes qui existent sur le trajet de l'œsophage dans le médiastin postérieur, puis il croise la direction de l'aorte et de l'œsophage, passe à gauche, gagne l'entrée du thorax et s'ouvre en avant de la première côte, au-dessus du point de jonction de la jugulaire gauche avec la veine cave antérieure.

Les variétés qu'il présente chez le bœuf sont nombreuses et fort communes. La disposition la plus rare est celle du canal simple dans toute sa longueur, telle que je viens de l'indiquer. Ce canal (fig. 64), simple à son origine et dans la plus grande partie de son étendue, se bifurque souvent vers la base du cœur, ou seulement à 1 ou 2 décimètres de son insertion. De ses deux branches, l'une passe à droite de l'œsophage et de la trachée, l'autre se porte à gauche de ces parties, en suivant la direction ordinaire et, à l'entrée du thorax, elles se terminent séparément, chacune, soit dans l'angle de réunion de la jugulaire et de l'axillaire correspondante, soit ensemble au même point, au golfe des deux veines jugulaires.

Il arrive que l'une des branches du canal bifurqué se subdivise à son tour en deux branches plus petites, et que l'autre éprouve en même temps une semblable subdivision, de telle sorte que le tronc du canal, d'abord unique, devient double,

Fig. 64.

puis quadruple, et s'abouche conséquemment par quatre orifices distincts dans le système veineux. Si les branches du canal, au lieu de rester isolées, s'envoient des anastomoses transversales, il en résulte une complication (fig. 65) dont les solipèdes n'offrent pas d'exemples.

Fig. 65.

Le canal thoracique est souvent double dans toute son étendue. Les deux canaux se détachent, alors isolément de la citerne, suivent, l'un le côté droit, l'autre le côté gauche de l'aorte, décrivent une arcade à convexité inférieure, au niveau de la base du cœur, sur les parties latérales de la trachée, et viennent se terminer soit très près l'un de l'autre et sur la même ligne transversale à la jonction des deux jugulaires, soit l'un à

droite, l'autre à gauche, sur chacune de ces deux veines, et non loin de leur jonction avec les axillaires (fig. 66).

Lorsqu'il naît deux canaux au réservoir sous-lombaire, ils s'anastomosent quelquefois entre eux à plusieurs reprises par des branches sinueuses et contournées

Fig. 66.

en différents sens, comme le montre la figure 67. Puis toutes ces branches se rassemblent dans le médiastin antérieur, et reconstituent un canal simple qui, vers son insertion, se subdivise de nouveau en quatre branches venant s'ouvrir isolément deux à droite, et deux à gauche, au lieu ordinaire. Cette variété est la plus

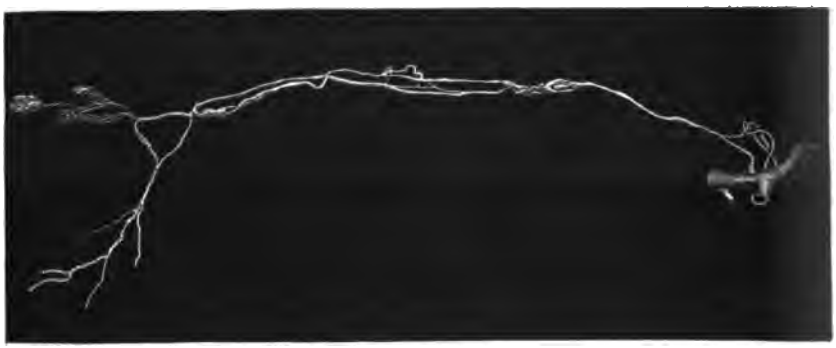


Fig. 67.

remarquable et la plus compliquée de toutes celles qui s'observent chez les animaux domestiques.

Le canal thoracique du porc, habituellement simple dans toute son étendue, se divise quelquefois à 3 à 4 centimètres de son insertion en deux branches, qui ne tardent pas à se réunir en une ampoule ovoïde; celle-ci, après avoir reçu les vaisseaux de la tête, de l'encolure et des membres, s'ouvre vers l'extrémité de la jugulaire gauche.

Celui du chien ressemble généralement beaucoup à ce qu'il est chez le porc. Cependant il offre parfois dans son trajet et à son insertion de très nombreuses va-

riétés. Rudbeck y a signalé une bifurcation au-dessus du cœur, une autre bifurcation dont les branches s'anastomosent plusieurs fois entre elles. Swammerdamm et Sténon ont figuré des divisions anastomotiques nombreuses et irrégulières vers le milieu d'un canal simple à son point de départ. Ces anciens auteurs ont indiqué et représenté des insertions doubles et triples de différentes formes. Enfin Bilsius a fait voir une arcade, ou plutôt un anneau très remarquable à l'insertion du conduit et à sa jonction avec les vaisseaux lymphatiques du cou et des membres antérieurs, anneau plus ou moins analogue à celui que j'ai observé plusieurs fois sur le cheval, le porc et le chat. Nous reviendrons sur ce point à propos des modifications que peuvent apporter au cours du chyle et de la lymphe les différentes formes du canal thoracique (1).

Le canal thoracique a donc amené le chyle mêlé à la lymphe des membres pelviens, de la partie postérieure du tronc, des viscères abdominaux, des parois abdominales et thoraciques, d'une partie du diaphragme, des poumons, etc. Il faut rechercher maintenant par quelle voie la lymphe des parties antérieures du tronc et des membres thoraciques vient se jeter dans le système veineux. Or, procédons toujours des parties périphériques vers les plus rapprochées du confluent du système lymphatique.

Les vaisseaux blancs des membres antérieurs s'élèvent des diverses régions du pied, à peu près de la même manière que ceux qui leur correspondent dans les membres abdominaux. Les plus inférieurs d'entre eux deviennent satellites des veines plantaires, et acquièrent un diamètre assez considérable à partir du genou. Ceux qui naissent en des points de plus en plus élevés prennent bientôt les proportions habituelles à la généralité des lymphatiques des membres.

En avant du genou, on voit s'élever un ou deux vaisseaux qui suivent une division veineuse sous-cutanée, longent les muscles anti-brachiaux, passent entre le mastoïdo-huméral et le sterno-huméral, puis deviennent profonds vers l'angle de l'épaule. De la partie interne du carpe il part deux ou trois beaux lymphatiques, qui suivent la direction de la sous-cutanée interne de l'avant-bras, et se glissent avec elles au-dessous des aponévroses les plus superficielles. Dès qu'ils arrivent vers la partie supérieure du radius, ils s'engagent entre le sterno-aponévrotique et le coraco-radial avec l'une des deux branches de la veine sous-cutanée interne, et vont se rendre aux ganglions du coude, placés en dedans de l'extrémité inférieure de l'humérus.

Les lymphatiques profonds se rendent aussi aux mêmes ganglions, tout en suivant des routes différentes. Les antérieurs accompagnent, pour la plupart, l'artère radiale antérieure et la veine correspondante, et parviennent à la masse ganglionnaire du coude en passant entre le long fléchisseur de l'avant-bras et l'humérus. Les postérieurs deviennent satellites de la veine et de l'artère radiales postérieures, rejoignent les autres vers le niveau de l'articulation huméro-radiale, se rapprochent de quelques vaisseaux groupés sur le trajet des divisions de l'artère épi-condylienne. En ce point les lymphatiques sous-cutanés s'anastomosent avec

(1) Voyez pour ces détails intéressants, que les modernes paraissent avoir un peu oubliés, Gerardi Blasii, *Anatome animalium*, 1681, et Joh. Veslingii, *Syntagma anatomicum*, 1718.

les profonds, prennent un assez fort diamètre et se rendent, au nombre de six ou sept principaux, dans les ganglions du coude. De ceux-ci sortent une dizaine de vaisseaux parallèles entre eux, croisant la direction de la veine humérale pour parvenir à un second groupe ganglionnaire situé à la face interne de l'épaule et près de l'insertion du grand dorsal.

Les lymphatiques de la région inférieure du thorax, de l'ars et de l'angle de l'épaule forment un magnifique plexus à la surface du sterno-huméral et du sterno-aponévrotique. Là ils se dirigent d'arrière en avant, parallèlement à l'axe du sternum, et s'engagent, au nombre de vingt-cinq à trente, entre le premier de ces deux muscles et le mastoïdo-huméral pour se rendre aux ganglions axillaires. Les plus antérieurs, disséminés vers l'angle de l'épaule sur le dernier muscle que je viens de citer, sont assez volumineux et décrivent quelques sinuosités avant de s'engager dans les interstices musculaires.

Les vaisseaux des membres antérieurs traversent donc d'abord les ganglions du coude qui correspondent aux ganglions poplités des membres abdominaux; ils se portent de là aux ganglions sous-scapulaires qui se groupent autour de l'origine de l'artère humérale et à l'insertion du grand dorsal. Aussi ces trois amas ganglionnaires s'indurent et deviennent énormes à la suite des affections graves du pied, et notamment de celles qui s'accompagnent d'engorgements douloureux et de suppurations abondantes. Enfin les lymphatiques des membres se réunissent à ceux de la tête et de l'encolure dans les ganglions pré-pectoraux avant de s'ouvrir, soit dans le tronc lymphatique droit, soit dans le canal thoracique lui-même, plus ou moins près de son insertion.

Les vaisseaux de la tête deviennent déjà fort nombreux et assez apparents au-dessus des lèvres, du pourtour des ailes du nez et à la surface externe de la joue. Ceux des lèvres, qui forment un très beau plexus vers les commissures, s'élèvent sur la joue en se rapprochant, les uns du canal de Sténon et de ses vaisseaux satellites, les autres du bord inférieur du maxillaire. Ceux des cavités nasales, de la pituitaire et des naseaux se portent en dehors de la joue, forment immédiatement au-dessous de la peau, ainsi qu'entre le sous-cutané et le muscle alvéolo-labial, un réseau très remarquable, dont les branches se dirigent toutes vers les ganglions sous-glossiens, soit en s'accolant au canal de Sténon et à la veine glosso-faciale, soit en demeurant disséminées à la surface de la branche du maxillaire, où l'on en compte de douze à quinze depuis la symphyse jusqu'au niveau du muscle masséter.

Les ganglions sous-glossiens, auxquels ils vont se rendre avec ceux de la partie antérieure de la langue et de la bouche, constituent deux groupes immédiatement au-dessous de la peau et dans l'espace intra-maxillaire, au niveau des scissures où passent le canal de la parotide, la veine et l'artère glosso-faciales. Leurs granulations nombreuses, fermes, jaunes ou brunâtres, reçoivent chacune un certain nombre de petits lymphatiques qui, après les avoir traversées, se réunissent en plusieurs troncs plus volumineux, se dirigeant vers les ganglions pharyngiens. On en voit un, deux, trois, qui s'accolent à la branche glosso-faciale de la jugulaire et passent à la face interne du sphéno-maxillaire, puis trois ou quatre qui deviennent satellites du digastrique, en avant et en arrière de ce muscle.

Les vaisseaux de la partie supérieure de la tête, de l'oreille et des régions voi-

sines sont très ténus et difficiles à suivre. Ils se portent vers un ganglion fort petit chez les solipèdes et enveloppé dans le tissu de la glande parotide, tandis qu'il est volumineux, allongé et ovalaire chez les ruminants. Ce ganglion très remarquable a été vu depuis longtemps chez le bœuf par Sténon, qui l'avait appelé *parotide conglobée*, pour le distinguer de la glande salivaire désignée alors sous le nom de *parotide conglomérée*. Ses efférents, très peu nombreux, se rendent aux ganglions pharyngiens.

Ceux-ci, placés en haut et sur les côtés du pharynx et en dehors des poches gutturales, chez les animaux solipèdes, forment un grand nombre de granulations molles, jaunâtres, divisées en deux groupes, l'un au-dessus du pharynx, l'autre en arrière du larynx et sur les côtés des corps thyroïdes. Les vaisseaux qui y arrivent ou qui en émanent, et ceux qui relient entre elles les diverses granulations, forment en dehors des poches gutturales un très beau plexus, qui se distend à un haut degré, consécutivement à l'application d'une ligature sur le trajet des vaisseaux lymphatiques du cou, satellites de l'artère carotide.

La lymphe de la tête, après avoir traversé les ganglions pharyngiens, est portée vers les ganglions de l'entrée du thorax, par un ou plusieurs vaisseaux qui longent la trachée et l'artère carotide. Ces vaisseaux, qui existent à droite et à gauche, sont souvent doubles et même triples à la partie supérieure de la trachée; ils se réunissent généralement, après un trajet de 1 à 2 décimètres, en un ou en deux vaisseaux larges comme un tuyau de plume, appliqués sur le côté de la trachée et immédiatement en avant de l'artère carotide. Ces vaisseaux reçoivent sur leur trajet plusieurs branches collatérales, souvent très longues, qui émanent des petits ganglions échelonnés sur les côtés de l'artère, ou qui relient ceux-ci entre eux. Lorsqu'ils parviennent à l'entrée du thorax, ils se ramifient dans des ganglions allongés, couchés au-dessus et en avant du golfe des jugulaires. Quelquefois ceux du côté opposé s'ouvrent directement dans le canal thoracique, sans s'être ramifiés préalablement dans les ganglions; mais jamais les vaisseaux droits ne paraissent se terminer ainsi dans le tronc lymphatique correspondant.

Les autres vaisseaux de l'encolure sont moins volumineux que les précédents, mais ils sont en nombre très considérable dans les parties profondes, et surtout à la surface du mastoïdo-huméral, du splénius et du trapèze cervical.

Les premiers, disséminés entre les muscles, se rassemblent en grande partie sur le trajet des divisions de l'artère cervicale supérieure et de sa veine satellite, pour se rendre aux ganglions qui existent à la face interne du mastoïdo-huméral, autour de la pré-scapulaire et de la branche ascendante de la cervicale inférieure. Les seconds, c'est-à-dire les plus superficiels, se dirigent de haut en bas, en croisant obliquement l'axe de l'encolure. On les voit former un plexus remarquable immédiatement au-dessous de la peau, plexus à branches presque toutes parallèles les unes aux autres et extrêmement déliées. Deux ou trois d'entre elles seulement, qui descendent du bord supérieur de l'encolure vers la gouttière des jugulaires, se distinguent par un calibre considérable et deviennent le siége de ces cordes farcineuses dont la direction est à peu près invariable.

Les lymphatiques cervicaux superficiels et profonds ne pénètrent pour la plupart dans le thorax qu'après avoir traversé deux ou trois groupes de ganglions

placés en avant de l'épaule, sur le trajet de la pré-scapulaire et de la cervicale inférieure. Ces ganglions, assez volumineux dans le cheval, sont, dans le bœuf, plus nombreux et groupés en un chapelet qui suit tout le bord antérieur de l'épaule, depuis son angle articulaire jusqu'à son cartilage de prolongement.

Une fois que les lymphatiques du cou ont traversé les ganglions dont nous venons de parler, ils se rassemblent avec ceux des membres antérieurs et d'une partie du thorax, qui ont eux-mêmes franchi les divers ganglions axillaires pour se jeter dans la dernière série constituée par les ganglions pré-pectoraux. Parmi ceux-ci, les uns sont en dehors du thorax, les autres se trouvent renfermés dans cette cavité. Les plus antérieurs forment : 1° d'abord une masse arrondie située au-dessous de l'insertion du scalène, dans le sinus de l'angle formé par la jugulaire et la veine brachiale ; 2° un amas allongé au-dessus de l'extrémité inférieure de la jugulaire, et immédiatement en avant du golfe. Ils reçoivent de très gros vaisseaux émanant des ganglions axillaires, pré-scapulaires et les grands lymphatiques du cou. Les internes sont rassemblés en plusieurs masses à la naissance des artères cervico et dorso-musculaires, et en un amas allongé qui suit la face interne de la première côte. Ils reçoivent plusieurs vaisseaux satellites des veines dorsales, cervicales supérieures, divers lymphatiques du cœur et du médiastin, de gros vaisseaux provenant de la partie périphérique du diaphragme et satellites des artères thoraciques internes; enfin, à droite, un vaisseau considérable qui accompagne le nerf phrénique de ce côté. C'est de ces ganglions, éminemment aréolaires et celluleux, que s'échappent des branches courtes et énormes, dont les unes forment par leur réunion le tronc lymphatique droit, tandis que les autres se joignent au canal thoracique, très près de son insertion, ou se terminent isolément au pourtour des deux grandes branches qui versent la lymphe et le chyle dans le système veineux.

Les lymphatiques provenant de la moitié droite du diaphragme, de la plus grande partie des parois latérales droites de la poitrine, de la moitié droite de la tête, de l'encolure et du membre antérieur correspondant, après avoir traversé les ganglions pré-pectoraux externes ou internes, se rassemblent en trois ou quatre branches, qui à leur tour se confondent pour former le tronc lymphatique droit. Celui-ci, long de 2 à 5 centimètres seulement, se trouve diamétralement opposé au canal thoracique, dont il égale souvent le calibre, tout en conservant des parois minces et parfaitement transparentes. Il s'ouvre habituellement à la jonction des jugulaires, à côté du canal, par un orifice muni d'une double valvule semi-lunaire. Quelquefois une ou deux des branches qui concourent à le former décrivent des circonvolutions autour du tronc brachial correspondant ou de quelques-unes de ses divisions, avant de rejoindre les autres. Enfin il n'est pas rare de voir ce tronc lymphatique s'anastomoser avec le canal thoracique par des collatérales volumineuses, puis se réunir avec lui de manière à s'insérer ensemble par un orifice simple au-dessus du golfe des jugulaires.

Les lymphatiques de la moitié gauche du diaphragme, la plupart de ceux des parois latérales gauches du thorax, ceux de la moitié gauche de la tête, de l'encolure et du membre antérieur du même côté, traversent également les ganglions pré-pectoraux correspondants, et se rassemblent en plusieurs branches qui se ter-

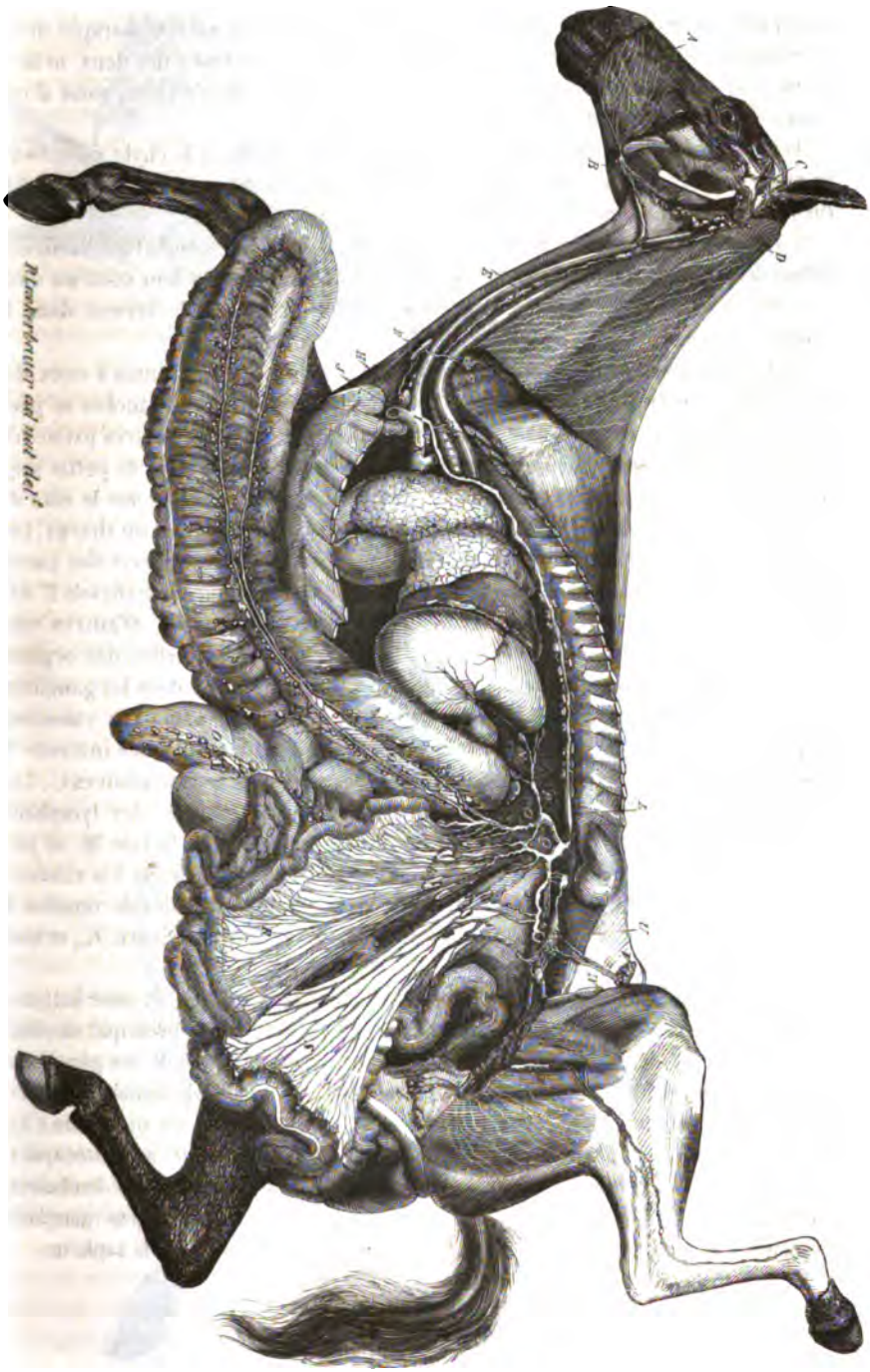


Fig. 68.

minent souvent en totalité dans le canal thoracique, très près de son insertion, et quelquefois les unes dans le canal précité, les autres dans le tronc lymphatique droit, et quelques-unes enfin sur l'un des points de la circonférence des deux orifices principaux. Les variétés qui existent à cet égard sont nombreuses, mais d'une importance physiologique assez minime.

Telle est l'indication des voies que parcourent la lymphe et le chyle pour venir se mêler au sang veineux. Les figures 68 et 69 sont destinées à rappeler l'ensemble du système lymphatique des solipèdes et des animaux ruminants.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur ces figures pour voir comment les vaisseaux blancs des diverses parties du corps se rassemblent pour amener leur contenu dans le canal thoracique ou dans le tronc lymphatique droit, qui le versent dans le système veineux.

Ainsi, pour les solipèdes, les lymphatiques des cavités nasales réunis à ceux des lèvres, des ailes du nez, forment sur la joue le plexus A, dont les branches se portent aux ganglions sous-glossiens B. Ces branches, avec celles des autres parties de la tête, se rendent aux ganglions pharyngiens D qui ont déjà reçu de petits vaisseaux provenant du ganglion parotidien C. Les mêmes se rassemblent sur le côté de la trachée en un ou deux gros vaisseaux E qui vont jusqu'à l'entrée du thorax. Les lymphatiques superficiels de l'encolure, ceux d'une partie des membres et des parois pectorales se rendent aux ganglions F, G, H. — Les lymphatiques superficiels Z' des membres postérieurs arrivent aux ganglions inguinaux profonds Z. D'autres vont aux ganglions inguinaux superficiels X avec les vaisseaux des mamelles, des organes génitaux externes, etc. Ceux du même membre qui se sont portés dans les ganglions pré-cruraux W parviennent isolément dans la cavité abdominale. Les vaisseaux des parois de l'abdomen arrivent pour la plupart aux ganglions iliaques internes V et se dirigent, comme tous les précédents, vers les ganglions sous-lombaires U. Les vaisseaux du côlon flottant S, les chylifères de l'intestin grêle R, les lymphatiques du cœcum O, du côlon replié O', ceux de l'estomac N et de la rate M, se joignent pour former les deux troncs P Q, lesquels aboutissent directement à la citerne. Le canal thoracique L, qui continue celle-ci, vient s'ouvrir au point de réunion I des deux jugulaires, c'est-à-dire, au sommet de la veine cave antérieure K, et non loin de la veine axillaire I.

Les mêmes particularités essentielles se retrouvent dans le bœuf. A sont les ganglions parotidiens ; B, les ganglions pharyngiens ; C, le vaisseau principal satellite de la carotide et de la trachée ; D, les ganglions pré-pectoraux ; E, les ganglions pré-scapulaires ; F, l'insertion du canal thoracique ; G, la veine brachiale ou axillaire ; I, la veine cave antérieure ; J, l'azygos ; K, les ganglions du médiastin ; L, l'aorte postérieure ; M, la citerne ; N, le tronc chylifère accolé à la mésentérique ; O, les chylifères et les ganglions qu'ils traversent ; P, les branches sous-lombaires qui se rendent à la citerne ; Q, les ganglions sous-lombaires ; R, le gros ganglion pré-crural ; S, les ganglions inguinaux ; T, les vaisseaux satellites de la saphène.

Fig. 69.

II. Des causes de la progression du chyle et de la lymphe.

Les vaisseaux lymphatiques, n'ayant pas de rapport de continuité avec les capillaires sanguins, ne peuvent transmettre aux fluides qu'ils contiennent aucune impulsion émanée directement des contractions du cœur ni de la réaction élastique des artères. La lymphe et le chyle doivent se mouvoir par l'action de forces spéciales qu'il faut distinguer en principales et en auxiliaires.

La première force qui fait progresser les fluides dans les vaisseaux blancs résulte de la continuité de l'absorption. C'est une impulsion *à tergo* qui suffit aux mouvements de la séve chez les plantes, mais qui ne peut à elle seule opérer le transport des fluides depuis les radicules des lymphatiques jusqu'à l'abouchement de ceux-ci dans le système veineux.

Dans le végétal, les cellules et les vaisseaux sont constitués par un tissu dépourvu de contractilité ou de toute propriété analogue. Les liquides absorbés par les racines ne peuvent parvenir à toutes les parties de la tige, et finalement aux feuilles, que par suite de la continuité de l'absorption, c'est-à-dire de l'impulsion que les molécules nouvelles donnent à celles qui sont déjà engagées dans les voies de la circulation. On sait, en effet, d'après les expériences de Dutrochet, que la force qui détermine l'ascension de la séve a son point de départ à l'extrémité libre des radicules, dans ce qu'on appelle les spongioles; car si l'on coupe la tige en travers, sur un point quelconque de sa hauteur, la séve vient s'échapper à la surface de la section de la partie continue à la racine, et cette séve suinte également sur une section de la racine dont l'extrémité libre reste dans les conditions normales. Müller semble regarder cette force *à tergo* comme étant à peu près la seule cause du mouvement des fluides dans les vaisseaux lymphatiques.

Le gonflement du canal thoracique et sa rupture en arrière d'une ligature ne prouvent pas que les fluides transportés par ce canal y soient mus exclusivement par une force résultant de la continuité de l'absorption : le chyle et la lymphe pouvant être aussi bien poussés vers la ligature par la contraction des vaisseaux que par le fait de la continuité de l'absorption. Il est une expérience très simple qui montre clairement que l'impulsion *a tergo* n'est pas la seule cause du mouvement du chyle et de la lymphe. Lorsqu'on applique une ligature sur un vaisseau blanc plus ou moins plein de liquide, comme ceux de l'encolure ou de la face interne des membres abdominaux, on voit la lymphe disparaître de la portion de vaisseau comprise entre la ligature et les parties centrales, tandis qu'elle distend ce vaisseau entre les radicules et le point lié. Or, le vaisseau n'a pu se vider au delà de la ligature par suite de la continuité de l'absorption, car les nouvelles quantités de lymphe reçues n'ont communiqué aucune impulsion à ce qui se trouvait au delà du lien. Celles-ci n'ont pu se mouvoir que par l'action des parois vasculaires.

La seconde des forces qui font progresser la lymphe dans les vaisseaux est donc inhérente aux parois de ceux-ci. Il faut rechercher si elle résulte de leur contractilité, ou d'une rétractilité spéciale, ou enfin tout simplement de leur élasticité.

On sait depuis longtemps, et Haller en avait souvent fait la remarque, que les vais-

seaux chylifères et les lymphatiques jouissent de la propriété de revenir promptement sur eux-mêmes, c'est-à-dire de s'affaisser en se débarrassant des fluides qu'ils contiennent. Il suffit, comme le savent tous les physiologistes, d'étaler le mésentère au contact de l'air pour que les vaisseaux blancs gorgés de chyle se vident brusquement et deviennent à peine visibles. Le même phénomène se produit lorsque les lymphatiques de toutes les parties du corps sont mis à découvert ; et il a lieu aussi bien pour les vaisseaux d'un diamètre considérable que pour ceux d'un très petit calibre ; néanmoins il est peu marqué aux larges vaisseaux de la partie charnue du diaphragme qui paraissent fortement adhérents par leur surface externe au tissu de cette cloison. Ils se resserrent encore à un plus haut degré sous l'influence de l'air froid, du contact de l'alcool, des acides affaiblis et de divers irritants chimiques. Le ressort des vaisseaux lymphatiques arrive à son maximum lorsqu'ils sont isolés des parties environnantes. Ils s'affaissent alors tellement, que du diamètre d'une plume ils se réduisent à l'état de fils très déliés : maintes fois j'ai pu faire cette observation en établissant des fistules aux vaisseaux lymphatiques du cou du cheval, à ceux de la saphène et même au canal thoracique des carnivores. Les ganglions eux-mêmes, notamment ceux qui sont celluleux et plexiformes comme les ganglions spléniques et sous-lombaires du cheval, s'affaissent à un haut degré, pourvu que la lymphe dont ils sont remplis puisse s'écouler par leurs vaisseaux ou à travers une solution de continuité.

Le ressort des lymphatiques sur eux-mêmes ne dépend pas évidemment d'une contractilité inhérente à leurs parois. Tiedemann, Müller et Schwann n'ont point reconnu de contractions vermiformes, ni aux lymphatiques de l'intestin, ni au canal thoracique, soit à l'état normal, soit à la suite d'une irritation exercée sur les parois de ces vaisseaux. Les deux derniers observateurs, en examinant sous le microscope le mésentère du lapin, n'ont aperçu aucun mouvement des valvules, ni aucun déplacement vibratile à l'intérieur des chylifères. Müller a constaté seulement un resserrement très faible, quelque temps après avoir fait agir une pile sur le canal thoracique de la chèvre. Du reste, l anatomie microscopique ne démontre pas de tunique musculeuse aux parois des vaisseaux blancs, excepté pour le canal thoracique où Valentin a vu quelques fibres contractiles dont la nature est encore un peu équivoque.

Il est probable que la faculté rétractile des vaisseaux blancs dérive simplement d'une propriété de tissu, d'une sorte d'élasticité, car cette faculté s'exerce aussi bien sur le cadavre, et longtemps après la mort, que sur l'animal vivant ; néanmoins elle est plus prononcée pendant la vie que dans toutes les autres circonstances. Quoi qu'il en soit, la réaction qu'elle produit sur la lymphe et le chyle est très énergique lorsque les vaisseaux sont distendus. Alors si l'on fait une petite ouverture à leurs parois, leur contenu s'en échappe sous forme de jet en arcade souvent assez élevée ; mais lorsque la distension n'est pas considérable, l'écoulement a lieu lentement et sous forme de nappe.

La rétractilité des vaisseaux lymphatiques n'est pas également prononcée dans toutes les parties du système. En général, elle est d'autant plus sensible que les vaisseaux ont un moindre calibre ; elle est plus forte dans les vaisseaux sinueux et entourés de beaucoup de tissu cellulaire, comme ceux de l'aine, du cou et de la ré-

gion sous-lombaire, que dans ceux dont les parois adhèrent intimement aux parties adjacentes. Elle ne paraît pas être en rapport direct avec l'épaisseur des parois vasculaires, car les branches lombaires et la citerne, dont les tuniques sont toujours excessivement minces, reviennent mieux sur elles-mêmes que le canal thoracique. Il y a cependant une exception à cet égard pour les solipèdes, dont la citerne adhère intimement à l'aorte et au corps des viscères lombaires. Enfin elle est plus ou moins marquée au canal thoracique suivant les animaux : très peu chez le cheval, où ce canal, fixé à l'aorte, à l'azygos et aux vertèbres, ne peut que s'aplatir sans se resserrer circulairement lorsqu'il est vide ; beaucoup plus chez les ruminants, où il est complétement entouré de tissu adipeux.

Ainsi donc, continuité de l'absorption et rétractilité des parois vasculaires, telles sont les deux premières causes du mouvement des liquides dans le système lymphatique. L'absorption continuelle, en faisant pénétrer dans les vaisseaux des molécules nouvelles, donne à celles qui s'y trouvaient déjà une impulsion plus ou moins forte. A elle seule elle ne déterminerait le déversement de la lymphe et du chyle dans le système veineux qu'à partir du moment où les vaisseaux blancs seraient distendus ; et dès qu'elle cesserait, ces fluides s'arrêteraient et stagneraient dans ces mêmes vaisseaux dilatés. La rétractilité des parois vasculaires ajoute une impulsion puissante à la première ; elle pousse la lymphe dans le système veineux avant que les vaisseaux qui la contiennent en soient distendus ; elle expulse le contenu des chylifères lorsque l'absorption du chyle se suspend ; enfin elle emporte les fluides que les vaisseaux renferment au delà d'une ligature ou d'un obstacle quelconque, fluides qui ne peuvent plus recevoir aucune impulsion de ceux que l'absorption continuelle introduit dans les radicules vasculaires. Ces deux forces principales suffisent à la progression lymphatique : il en est d'autres qui deviennent les auxiliaires de celles-là.

La contraction musculaire et le resserrement de certains tissus concourent généralement à la progression du chyle et de la lymphe, qu'ils peuvent aussi gêner dans quelques circonstances. Les contractions de l'intestin ont été depuis longtemps regardées comme jouant un rôle important dans le développement de l'impulsion communiquée au chyle, à l'origine de ses vaisseaux. Dans ces derniers temps Lacauchie a même prétendu que la contraction de la villosité était une des premières causes du mouvement du chyle ; mais il n'est pas bien démontré que la villosité, dont j'ai donné la figure d'après cet observateur, se raccourcisse et se fronce transversalement pendant la vie comme elle le fait souvent après la mort. Cette cause additionnelle de la progression des fluides dans les vaisseaux lymphatiques ne porte pas sur la totalité du système : les vaisseaux sous-cutanés, ceux des séreuses et de plusieurs viscères, n'en ressentent nullement l'influence.

La pression exercée sur les vaisseaux, dans plusieurs parties, favorise notablement la progression du chyle et de la lymphe. M. Magendie a observé que le chyle coule en plus grande quantité par une fistule au canal thoracique, lorsqu'on vient à comprimer le ventre ou à fouler les viscères abdominaux, que dans les circonstances ordinaires. Cette remarque est très exacte, et je l'ai faite bien des fois sur le cheval pendant la vie et après la mort. Quand on a placé un tube aux lymphatiques du cou, il suffit de passer la main sur la région parotidienne et le trajet

de la jugulaire, à de fréquents intervalles, pour doubler en un temps donné l'écoulement de la lymphe. On sait que les chylifères ne se remplissent plus dès que l'abdomen est ouvert, tandis qu'ils continuent à absorber pendant plusieurs heures, même après la mort, si ses parois sont intactes.

Les mouvements qu'exécutent les parties accélèrent sensiblement la marche de la lymphe. Pendant que l'animal mange ou qu'il remue simplement les mâchoires, la quantité de celle qui s'échappe des vaisseaux de l'encolure est augmentée d'un quart, d'un tiers et même d'une moitié dans un temps déterminé. J'ai fait très souvent cette observation après avoir fixé de petits tubes aux lymphatiques du cou, qui sont très développés chez le cheval et surtout chez les grands ruminants.

Enfin les pulsations des artères contribuent encore à faciliter la progression du chyle et de la lymphe dans les vaisseaux satellites de ces artères. Quelques physiologistes ont cru que c'était en vue de mettre à profit l'influence des pulsations artérielles que la nature avait groupé les gros troncs lymphatiques dans le voisinage des vaisseaux sanguins. Peut-être cette idée est-elle vraie, dans de certaines limites. Toutefois il ne faut pas oublier que les grandes voies ménagées avec art pour les artères servent encore à une grande partie des veines et des nerfs. Les vaisseaux blancs qui ne suivent pas ces voies, et ils sont fort nombreux, forment d'immenses réseaux sous la peau et à la surface des viscères. Ceux-là ne peuvent recevoir aucune impulsion marquée des artères.

Toutes ces causes auxiliaires du mouvement du chyle et de la lymphe exercent principalement leur influence sur le canal thoracique et le tronc lymphatique droit. Le canal thoracique pénètre dans la poitrine entre les deux piliers du diaphragme, il s'accole à l'aorte dans la plus grande partie de son trajet, passe au-dessus de la base du cœur, et vient sortir du thorax entre les nombreuses divisions des troncs brachiaux.

Les piliers du diaphragme, entre lesquels passe le canal thoracique pour pénétrer dans le thorax, ont été regardés par Haller comme exerçant une action énergique sur la progression du chyle et de la lymphe. Cet illustre physiologiste a prétendu que, lors de l'inspiration, les piliers contractés comprimaient l'origine du canal et poussaient son contenu vers les parties antérieures, tandis que, lors de l'expiration, les piliers relâchés laissaient revenir la citerne sur elle-même et lui permettaient de recevoir une nouvelle quantité de liquide qui serait chassée à son tour au moment d'une seconde inspiration, et ainsi de suite. Pour lui, cette suite de contractions et de relâchements alternatifs des piliers aurait sur le chyle l'influence que la systole et la diastole du cœur exercent sur le sang. Cette action des piliers n'est peut-être pas aussi importante que le pense Haller ; mais elle est réelle pour tous les animaux, tels que les solipèdes et les carnassiers, chez lesquels le canal thoracique pénètre dans la poitrine entre les deux piliers, et non pas en dehors du pilier droit, comme cela arrive chez les grands ruminants.

Les mouvements respiratoires exercent sur la progression des fluides, dans le canal thoracique, une influence plus prononcée et plus évidente que celle dont nous venons de parler. Lors de l'inspiration, la tendance à la formation d'un vide dans le thorax détermine une sorte d'aspiration sur les afférents du canal, notamment sur la citerne, les branches sous-lombaires et intestinales; le canal se remplit

et se distend. Au moment de l'expiration, au contraire, les parois thoraciques et les poumons, en s'affaissant, exercent sur le canal une pression qui accélère le cours de la lymphe et en pousse une forte ondée dans les veines. Cet effet devient patent lorsque l'extrémité antérieure du canal est mise à découvert, et surtout lorsqu'on y a fixé un tube qui fait couler à l'extérieur les fluides charriés par ce conduit. Dans le premier cas, on voit, à chaque expiration, et surtout à chaque expiration profonde, la partie antérieure du canal se gonfler, et rebondir à la manière des artères, sous le doigt de l'expérimentateur. Dans le second cas, le jet de lymphe s'élève à une certaine hauteur, puis s'abaisse lors de l'inspiration pour s'élever de nouveau, et ainsi de suite. Les mouvements respiratoires déterminent ainsi dans le canal une suite de pulsations parfaitement isochrones avec eux-mêmes; par là ils rendent l'écoulement de la lymphe saccadé, c'est-à-dire faible dans l'inspiration et plus fort dans l'expiration. Ces phénomènes, que j'ai observés sur le cheval et les grands ruminants, sont d'autant plus sensibles que la respiration est plus gênée et que l'animal fait des efforts plus violents. Les pulsations du canal sont parfois si prononcées, qu'elles se répètent dans un tube de caoutchouc adapté au tube métallique que l'on a fixé au canal dans le but de recueillir le chyle et la lymphe.

Enfin, les secousses communiquées au canal thoracique par l'aorte postérieure, la base du cœur, l'aorte antérieure, les troncs brachiaux et leurs nombreuses divisions, peuvent certainement accélérer le cours des fluides qu'il charrie, d'autant mieux que ces vaisseaux se trouvent en contact avec lui, et que plusieurs d'entre eux se glissent dans l'espace qui le sépare du tronc lymphatique droit. L'influence de ces secousses me paraît très utile; car chez les grands ruminants, les carnassiers et quelquefois même chez les solipèdes, le canal, avant de se terminer dans les veines, se contourne sur la cervicale inférieure gauche qu'il embrasse dans un anneau étroit, quand il se termine par deux branches.

L'aspiration que le cœur, en se dilatant, exerce sur le sang veineux peut être encore considérée comme l'une des causes qui activent le cours des fluides dans le canal thoracique. Cette action aspiratrice, qui se fait sentir dans des points assez éloignés du centre de la circulation, doit avoir une certaine énergie à l'insertion du canal, qui est à peine chez les solipèdes à 2 décimètres des oreillettes.

L'influence que ces différentes causes exercent sur la progression du chyle et de la lymphe dans le canal thoracique rend compte de l'utilité du long trajet que ce dernier parcourt avant de se terminer dans le système veineux. Si son abouchement avec les veines se fût effectué dans l'abdomen ou en arrière du thorax, le cours des fluides eût été moins favorisé ; s'il se fût opéré près du diaphragme, dans le thorax, le canal eût décrit un trajet assez considérable pour descendre des côtés de l'aorte jusqu'à la veine cave, et peut-être il n'eût pas trouvé là, entre les deux poumons, des conditions favorables à son insertion. D'ailleurs, dans ces deux hypothèses, il eût toujours fallu un abouchement particulier pour le tronc lymphatique droit et les nombreux vaisseaux que le canal thoracique reçoit dans son trajet et vers son insertion. Or il était plus rationnel que le lieu d'élection du déversement de la lymphe et du chyle servît à tous les vaisseaux à la fois, et que, par suite, les mouvements respiratoires, les battements des artères, l'aspi-

ration exercée par le cœur, servissent d'auxiliaires aux forces qui font mouvoir les fluides dans le canal thoracique.

Quant à l'utilité de la terminaison du canal d'un côté plutôt que de l'autre, et dans telle veine que dans telle autre, elle n'est point très évidente. Haller, Cruikshank (1), pensaient que l'insertion à gauche avait d'abord pour effet d'obliger le canal à croiser la direction de l'aorte et de recevoir ainsi le contre-coup des pulsations de cette artère, ensuite de rendre le reflux du sang dans ce canal moins facile lors de la contraction des oreillettes. La tendance au reflux serait, selon ces auteurs, moins prononcée chez l'homme à gauche qu'à droite, en raison d'une différence dans le degré d'ouverture des angles que forment, de chaque côté, les jugulaires et les sous-clavières avec la veine cave supérieure. Cette différence aurait une telle importance, d'après Haller, que, dans le cas d'une transposition des viscères, celle-ci s'étendrait au canal thoracique.

Je ne sais ce qu'il peut y avoir de vrai dans cette manière de voir que semblent partager plusieurs physiologistes, mais elle n'est nullement applicable à un certain nombre d'animaux. En effet, chez les carnassiers, le porc et les ruminants dont le canal thoracique s'ouvre à gauche, les angles que les jugulaires et les veines brachiales forment avec la veine cave antérieure ont sensiblement le même degré d'ouverture des deux côtés. Chez les ruminants, dont le canal est fort souvent double, l'un vient s'ouvrir à droite et l'autre à gauche. Enfin, chez les solipèdes, où il est généralement simple à son extrémité antérieure, il ne s'insère ni à droite ni à gauche, mais juste sur la ligne médiane au sommet de la veine cave antérieure et au point de jonction des deux veines jugulaires. D'ailleurs, dans les divers animaux où son insertion se fait à gauche, le tronc lymphatique se termine à droite, ce qui reporte sur ce dernier le désavantage prétendu qui serait attaché à l'insertion du côté droit.

Si l'on ne s'explique pas clairement pourquoi l'insertion du canal thoracique a lieu plutôt à gauche qu'à droite, il est plus facile, selon moi, de découvrir la raison pour laquelle cette insertion n'a jamais lieu aux sous-clavières, chez les grands quadrupèdes, quoi qu'en disent nos anatomistes vétérinaires, qui, sur plus d'un chapitre, ont un peu trop fidèlement calqué l'anatomie humaine. Chez le cheval et les autres solipèdes, la terminaison du canal a lieu, comme je l'ai déjà dit, en haut de la jonction des jugulaires et à une grande distance des deux veines brachiales ou axillaires; chez les grands ruminants elle se fait au-dessus de la jonction de l'une des jugulaires avec la veine cave, ou bien sur le côté de la jugulaire, vers le fond du sinus de l'angle que cette veine forme avec l'axillaire. Il est évident que si le canal se fût inséré sur la veine brachiale qui contourne le bord antérieur de la première côte, ce canal eût été tiraillé dans tous les mouvements du membre thoracique, et l'abord du chyle et de la lymphe fût devenu difficile, quand le membre porté en arrière aplatit la veine brachiale en avant de la première côte. Il importait donc beaucoup, surtout pour les grands animaux, que l'insertion du canal dans cette dernière veine fût soigneusement évitée.

Le sens suivant lequel le chyle et la lymphe se meuvent dans les vaisseaux

(1) *Anatomie des vaisseaux absorbants*, p. 327 et suiv.

blancs est rigoureusement déterminé d'abord par l'absorption effectuée dans les radicules de ces vaisseaux, ensuite par la disposition et le jeu des valvules qu'ils présentent à l'intérieur. Celles-ci, dont on doit la découverte à Rudbeck et à Ruysch, sont fort nombreuses, très rapprochées les unes des autres, et rassemblées par paires. Leur bord libre regarde les parties centrales du système, et leur bord adhérent est tourné vers les racines. Quand la lymphe suit librement son cours, elles sont appliquées à la face interne des vaisseaux; mais dès que la marche du liquide est gênée et que celui-ci tend à rétrograder, les valvules s'écartent des parois vasculaires, se tendent en travers, et, en s'appliquant l'une à l'autre par leur bord libre, ferment à peu près complétement la lumière du vaisseau. Alors celui-ci offre, au plus haut degré, des nœuds séparés par des étranglements assez réguliers.

Les valvules, très rapprochées dans les petits vaisseaux, sont moins nombreuses et moins bien disposées pour s'opposer au reflux des fluides dans les grosses branches qui arrivent à la citerne, dans la citerne elle-même et dans le canal thoracique. On n'en trouve presque pas dans la partie supérieure des deux gros troncs qui apportent le chyle et la lymphe à l'origine du canal; elles manquent même à l'insertion de ces deux branches, et depuis leur jonction jusqu'au point où le canal parvient dans la cavité thoracique. Les premières qu'on trouve chez les solipèdes sur la longueur du canal sont à 1 ou 2 décimètres en avant du réservoir sous-lombaire; les autres se trouvent pour la plupart à son extrémité antérieure, et à partir du point où il croise la direction de l'aorte vers la base du cœur. Leur nombre est habituellement de cinq ou six paires dans le canal simple; il est plus considérable quand ce canal est double dans une partie de son étendue. Indépendamment de ces grandes valvules, il s'en trouve de très petites à l'insertion de tous les lymphatiques qui s'ouvrent sur le trajet du canal. La présence de ces valvules ne s'oppose point, du moins chez les animaux, à la rétrogradation des liquides, depuis l'insertion du canal jusqu'à la citerne et à l'abouchement des branches intestinales et sous-lombaires: aussi les injections poussées d'avant en arrière pénètrent-elles parfaitement jusque dans ces dernières branches. Je ne vois pas pourquoi tant d'anatomistes se plaisent à répéter le contraire depuis des siècles.

A l'insertion du canal thoracique il existe en outre deux valvules, au lieu d'une, comme on le dit dans tous les livres. Ces deux valvules semi-lunaires, larges et très minces, sont placées en regard l'une de l'autre et fixées au canal par leur bord convexe: elles laissent entre elles une fente allongée dont la direction est parallèle à l'axe de la veine cave. Il en existe deux tout à fait semblables à celles-là, mais beaucoup plus petites à l'orifice du tronc lymphatique droit. Ces valvules, bien qu'elles puissent s'appliquer exactement l'une à l'autre par leur bord libre, et même se chevaucher, ne s'opposent pas toujours à un faible reflux du sang des veines dans le canal chez les animaux solipèdes, mais elles mettent à ce reflux un obstacle plus difficile à franchir chez les ruminants, le porc et les animaux carnivores, dont le canal contient rarement du sang. Enfin il paraît que chez l'homme, où il y a un grand nombre de valvules sur le trajet du canal thoracique, le reflux est encore plus difficile, car on en cite seulement quelques exemples comme des faits assez extraordinaires.

La multiplicité, l'étendue des valvules, la faculté qu'elles ont de s'appliquer deux à deux par leur bord libre pour former des cloisons à peu près complètes, quand le contenu des vaisseaux tend à refluer vers les radicules, ont évidemment pour but de rendre invariable la direction des fluides dans le système lymphatique, et de s'opposer à tout mouvement rétrograde. On conçoit à peine comment certains auteurs aient pu croire, en présence de telles dispositions, que la lymphe progressait de ces troncs vers les branches, et qu'elle était portée, ainsi que le prétendait Bilsius, du canal thoracique dans toutes les parties du corps. On ne comprend pas davantage qu'il ait pu venir à l'idée de faire refluer, par les lymphatiques rénaux, la lymphe du canal dans la substance et la cavité du rein. Cependant, après qu'on eut suffisamment réfuté des idées semblables admises par les contemporains de Haller, de Hunter et de Cruikshank, un anatomiste italien imagina des vaisseaux particuliers destinés à établir une communication de ce genre entre les viscères digestifs et les voies urinaires.

Les anastomoses établies entre les vaisseaux blancs ne sont nullement disposées pour changer la direction des courants dans le système lymphatique. Elles diffèrent beaucoup de celles qui existent dans les artères. Les lymphatiques ne se joignent entre eux que sous des angles très aigus, à sinus tournés du côté des racines de ces vaisseaux; ils se jettent les uns dans les autres plutôt qu'ils ne se mettent en communication par des branches collatérales. Si, par exception, ils s'envoient des branches de cette nature, la lymphe n'y peut néanmoins progresser que dans une seule direction: les valvules lui permettent de se porter d'un vaisseau droit, par exemple, dans un vaisseau gauche, sans qu'elle puisse jamais passer du second dans le premier. L'insufflation des vaisseaux, les injections mercurielles ou autres poussées des racines vers les grosses branches, montrent assez combien les anastomoses sont impuissantes à déterminer une diffusion étendue des fluides d'un vaisseau dans les vaisseaux voisins. Aussi, bien que les chylifères soient anastomosés vers la citerne avec les lymphatiques de l'estomac, du foie, de la rate, du gros intestin et avec ceux de la région sous-lombaire, on ne voit nullement, chez les solipèdes, par exemple, le chyle avant d'arriver au réservoir de Pecquet, se mêler avec la lymphe souvent rougeâtre de la rate, ou avec la lymphe citrine du gros intestin et de la région des lombes, etc.

Les dispositions qui s'opposent au cours rétrograde des fluides dans le système lymphatique sont si bien combinées que, par une forte pression exercée sur un vaisseau distendu, il est impossible de faire refluer la lymphe dans un point inférieur moins plein ou tout à fait vide. Cependant il est des circonstances dans lesquelles la résistance au mouvement rétrograde est vaincue. Le vaisseau piqué lors de sa réplétion laisse, à la longue, s'échapper par l'ouverture les fluides qui se trouvaient au-dessus de celle-ci. Hunter a insufflé une fois les vaisseaux blancs de diverses parties en poussant de l'air par le canal thoracique. Le même anatomiste a pu injecter les lymphatiques du poumon par la même voie. J'ai moi-même injecté plusieurs fois par le canal les lymphatiques des ganglions bronchiques, ceux de l'entrée du thorax, le tronc lymphatique droit et ses principales branches dans une étendue considérable, et jusque dans la substance des ganglions. Ces résultats obtenus après la mort, lorsque les vaisseaux sont vides, et sous l'influence d'une pres-

sion voisine de celle qui détermine leur rupture, ne doivent pas faire croire à la possibilité exceptionnelle d'un reflux pendant la vie; car, dans ce dernier cas, les causes qui tendent à déterminer le reflux n'ont jamais l'énergie de la pression exercée par les substances injectées ; de plus, les vaisseaux sont plus ou moins pleins, et leur contenu est poussé vers les parties centrales du système par les puissances qui résultent de la continuité de l'absorption et de la rétractilité des parois vasculaires. Ces deux forces, aidées par la résistance mécanique des valvules, sont constamment prêtes à lutter contre celles qui pourraient tendre à provoquer un mouvement rétrograde.

Les ganglions placés sur le trajet des vaisseaux blancs exercent sur le cours du chyle et de la lymphe une influence qu'il est assez difficile de déterminer. Malpighi les regardait comme de petits cœurs destinés à communiquer aux fluides une impulsion qui s'ajoutait à celle qui dérive de l'action des parois vasculaires; d'autres en ont fait de simples coussins pour soutenir les plexus. Aujourd'hui on les considère généralement comme des organes modificateurs du chyle et de la lymphe ; on leur attribue, mais sans en donner aucune preuve, la faculté de transformer en fibrine une partie de l'albumine de ces deux fluides, de leur fournir, aux dépens du sang, une certaine proportion du premier de ces principes, de leur enlever une partie de leur graisse pour la faire passer dans les veines.

Tous les lymphatiques de l'économie paraissent passer, au moins une fois, à travers les ganglions. Je ne sais s'il en est quelques-uns qui fassent exception à cette règle parmi nos mammifères domestiques. La plupart d'entre eux traversent successivement plusieurs groupes de ces organes avant d'arriver au canal thoracique ou au tronc lymphatique droit. En effet, nous avons vu les vaisseaux émanés de la partie inférieure des membres abdominaux traverser d'abord les ganglions poplités, puis les inguinaux, et enfin les sous-lombaires ; ceux de la tête passer dans les ganglions sous-glossiens, puis dans les pharyngiens, et enfin dans les pré-pectoraux externes et internes. D'autres vaisseaux ne traversent que deux séries ganglionnaires, et quelques-uns ne se rendent qu'à un seul groupe. Les vaisseaux qui naissent du voisinage de la citerne sous-lombaire et sur le trajet du canal thoracique ne s'ouvrent dans ces réceptacles qu'après s'être plongés dans de petits ganglions.

Ces organes, variables quant à la couleur, la consistance, le volume et la configuration, suivant les lieux où ils se trouvent, sont d'autant plus fermes et moins perméables qu'ils sont plus éloignés des parties centrales du système. Chez les solipèdes, par exemple, ceux de la région poplitée, de la face antérieure de la cuisse, les inguinaux superficiels, les sous-glossiens, les parotidiens, sont formés de petits grains, compactes, peu celluleux, peu érectiles. Au contraire, les inguinaux profonds, les sous-lombaires, les spléniques, les pharyngiens et les pré-pectoraux profonds qui reçoivent des lymphatiques, ayant déjà traversé d'autres ganglions, sont à grains plus volumineux, plus mous; ils sont celluleux, aréolaires, très extensibles, facilement perméables et susceptibles de se gonfler à la manière des tissus érectiles. Cependant, chez beaucoup d'animaux, les ruminants, les carnassiers, par exemple, ils sont tous à peu près semblables les uns aux autres, c'est-à-dire arrondis, assez denses et très peu aréolaires.

Ces organes, quels que soient leurs formes et leurs caractères physiques, semblent être essentiellement constitués par des plexus vasculaires plus ou moins serrés, c'est-à-dire par un lacis de vaisseaux blancs très divisés et associés à des vaisseaux sanguins. En effet, l'inspection directe des ganglions sous-lombaires du cheval, passablement gorgés de lymphe, montre des vaisseaux blancs qui, après s'être divisés à la circonférence et à la surface du ganglion, se plongent dans son intérieur, s'y ramifient et s'y anastomosent à l'infini. Ces branches sont si nombreuses et si serrées, qu'elles se touchent pour ainsi dire, en laissant entre elles des espaces fort peu considérables, pleins d'une substance molle ou semi-liquide. Les mêmes particularités se remarquent aux ganglions pharyngiens après la ligature des vaisseaux lymphatiques du cou, sur l'animal vivant, aux ganglions spléniques et à quelques autres. Elles deviennent très évidentes dans ceux de la cavité abdominale, à la suite de la ligature du canal thoracique faite quelques instants avant la mort, et après une injection poussée dans ce canal du côté de la citerne, pour refouler vers les ganglions la lymphe accumulée dans les affluents de cette dernière. Du reste, les ganglions dans lesquels la texture des plexus n'est pas très marquée rentrent dans la catégorie des premiers; car en les injectant au mercure et en les faisant sécher pour les rendre transparents, on voit très bien le réseau dans toute l'étendue de l'organe, c'est-à-dire les branches des afférents se continuant avec les radicules des efférents.

Les ganglions lymphatiques ne sont donc, à proprement parler, que des plexus vasculaires très serrés que la lymphe ne traverse que par des branches de plus en plus ténues, et finalement réduites à l'état capillaire. Cependant il en est un certain nombre que les lymphatiques traversent de part en part, en conservant un calibre très considérable. Ces vaisseaux n'y donnent, en passant, que des branches collatérales qui s'y divisent à l'infini, suivant le mode ordinaire. Cette remarquable particularité que je crois signaler pour la première fois s'observe seulement à certains ganglions : les sous-lombaires du cheval, par exemple, dans lesquels se rendent des lymphatiques ayant déjà traversé d'autres ganglions plus périphériques. Elle permet à la lymphe déjà modifiée par plusieurs séries de ganglions de se rendre au canal thoracique très librement, sans suivre une dernière fois, du moins en totalité, des filières étroites et à peu près capillaires. Cette organisation exceptionnelle permet à l'air qu'on insuffle dans les lymphatiques accolés à l'artère crurale de se répandre rapidement dans le canal thoracique, et de là dans tout le système veineux.

Les ganglions lymphatiques que M. Magendie croit doués d'une sensibilité assez vive, s'ils influencent à un certain degré la marche du chyle et de la lymphe, n'exercent pas sur elle une action bien manifeste. Rien dans leur organisation et leurs propriétés n'indique qu'ils puissent, ainsi que le pensait Malpighi, donner une impulsion nouvelle à la lymphe. La division extrême, les flexuosités des vaisseaux dans leur intérieur, semblent partout devoir ralentir le cours de ce fluide. Toutefois, comme leur tissu est rétractile, car les ganglions se resserrent à mesure qu'ils se désemplissent, et se vident par les piqûres faites à leur substance, il est probable que la rétractilité du ganglion compense les effets de la division extrême des vaisseaux. Du reste, l'impulsion qui met en mouvement les fluides dans les vaisseaux est, par

elle-même, assez peu énergique pour que la nature n'ait pas dû l'affaiblir encore, et leur marche est trop peu rapide pour qu'il ait été nécessaire de la ralentir davantage.

Il est cependant des circonstances dans lesquelles les ganglions doivent exercer cette double action : c'est lorsqu'ils sont tuméfiés, indurés, ou lorsqu'ils sont le siége de foyers purulents ou de dépôts plastiques et même calcaires. Ainsi, lors d'une affection du pied un peu étendue et un peu douloureuse, les ganglions du coude et de la région axillaire au membre antérieur, ceux de l'aine au membre postérieur, augmentent de volume et prennent une consistance qui, certainement, diminue leur perméabilité. Dans la phthisie calcaire des grands ruminants, les ganglions bronchiques acquièrent un volume énorme, une compacité remarquable, et deviennent le siége d'un grand nombre de dépôts plastiques et calcaires. Dans la même maladie compliquée d'un état général encore peu connu, l'hypertrophie et la dégénérescence ne se bornent plus aux ganglions pulmonaires et pré-pectoraux, elles s'étendent à tous les ganglions des viscères, à ceux de l'intestin, de l'estomac, du foie, etc., qui acquièrent des proportions étonnantes et se trouvent farcis de tubercules. Indubitablement, dans de telles conditions, la marche de la lymphe et du chyle doit être fort difficile à travers la substance ganglionnaire. Pour permettre à ces fluides de progresser librement, il faut bien que les vaisseaux de la surface éprouvent quelques modifications. Mais quelque puisse être la nature de celles-ci, l'état du ganglion nous montre assez que les forces qui mettent en mouvement la lymphe doivent jouir d'une énergie considérable pour vaincre de tels obstacles.

Il est des cas dans lesquels l'impulsion communiquée à la lymphe est impuissante à surmonter les obstacles placés sur le trajet des vaisseaux. Ainsi il arrive assez souvent que la portion flottante de l'épiploon des solipèdes se torde plusieurs fois sur elle-même, ou se trouve étranglée dans un point de son étendue par une petite ouverture du diaphragme, ou une adhérence avec l'intestin. Alors les lymphatiques invisibles de la partie inférieure de cet épiploon continuant à absorber, sans pouvoir se débarrasser à mesure de la lymphe qu'ils reçoivent, se dilatent insensiblement, prennent 1, 2, 3 millimètres de diamètre, et arrivent parfois à dépasser de beaucoup le volume d'un gros tuyau de plume. J'ai eu plusieurs fois l'occasion de rencontrer sur le cheval des exemples de cette hypertrophie des vaisseaux blancs de l'épiploon résultant de la gêne apportée au cours de la lymphe.

III. Des caractères généraux de la progression lymphatique.

Maintenant que nous connaissons les voies que parcourent le chyle et la lymphe et les forces qui mettent ces fluides en mouvement, il faut chercher à déterminer les caractères de la progression lymphatique. En d'autres termes, il faut voir si ces fluides se meuvent lentement ou avec rapidité, s'ils ont un cours régulier et uniforme dans toutes les parties du système et dans toutes les conditions diverses de l'organisme ; il faut trouver ensuite quelle est la masse totale du fluide contenu dans le système des vaisseaux blancs, celle que ces vaisseaux apportent dans les veines, en une période de douze à vingt-quatre heures ; apprécier enfin les effets

qui résultent de l'oblitération des grandes voies lymphatiques, et ceux que produit la perte ou l'écoulement momentané, à l'extérieur, du chyle et de la lymphe. Pour résoudre ces importantes questions il faut recourir à l'expérimentation appliquée aux grands animaux, car les données actuelles de la science se réduisent sur ce sujet à de simples conjectures.

Le système lymphatique a d'abord ceci de très particulier qu'il n'est jamais complétement rempli. Ses différents vaisseaux n'ont jamais tous à la fois le degré de réplétion que quelques-uns d'entre eux présentent dans certaines circonstances. La plupart sont seulement un peu affaissés sur eux-mêmes et à demi remplis de liquide. Les chylifères et les autres lymphatiques intestinaux, dont le nombre est si considérable, contrastent cependant très souvent par leur distension avec l'état de tous les autres. Ce système est donc bien loin de ressembler à celui des vaisseaux sanguins qui contient toute la masse du sang. Le premier, en un temps donné, ne renferme qu'une faible partie des fluides qu'il doit charrier en une période de vingt-quatre heures, et cette partie, quelle qu'elle soit, est versée dans les veines pendant qu'une quantité nouvelle de fluide de même nature pénètre à son tour dans sa cavité : aussi il passe, en un jour, dans les vaisseaux blancs une masse de lymphe et de chyle qui égale plusieurs fois la masse du sang. Le second système renferme, au contraire, en un temps quelconque, la totalité du fluide sanguin. Dans le premier se trouve constamment un chyle nouveau et une lymphe nouvelle; les fluides qui l'ont parcouru une fois ne le traversent plus une seconde. Dans le dernier, au contraire, c'est toujours le même sang qui décrit un cercle et revient mille fois suivre les voies qu'il a déjà parcourues.

Si le système lymphatique ne contient jamais, à la fois, une très grande quantité de fluides, ce n'est pas qu'il ait une faible capacité et que ses vaisseaux manquent de dilatabilité ; car on sait, d'une part, que le nombre des vaisseaux blancs est immense, et, d'autre part, qu'ils sont susceptibles, en se dilatant, d'acquérir un très grand diamètre, au point de contenir deux à trois fois plus de liquide qu'ils n'en renferment habituellement.

Le degré de plénitude de tous les vaisseaux lymphatiques, dans un temps donné, est assez difficile à apprécier. M. Magendie (1) prétend que, sur les animaux vivants, les lymphatiques des membres, de la tête, du cou, contiennent très rarement de la lymphe; et que ceux de la région sous-lombaire, du foie, de la vésicule biliaire, en contiennent plus fréquemment que les premiers. C'est une erreur. Le savant physiologiste n'a pu voir nettement la plupart de ces vaisseaux pleins de liquide parce qu'il les examinait sur de petits animaux : il les aurait toujours trouvés plus ou moins remplis s'il les eût étudiés sur les grands mammifères, tels que le bœuf et le cheval. Ces vaisseaux ne sont pas tantôt vides et tantôt pleins, comme le pense M. Magendie ; ils ne se remplissent ni ne se vident par intervalles. L'observation démontre qu'ils contiennent constamment de la lymphe : ceux du cou, de la face interne de la cuisse, des ganglions préscapulaires en renferment toujours assez pour qu'on puisse en faire sortir des quantités appréciables en les piquant sur un point de leur trajet. Ceux de la région sous-lombaire, de l'entrée du thorax, en sont

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 223, 4e édit.

mieux remplis que les premiers encore; enfin le tronc lymphatique droit, le canal thoracique, en montrent toujours une notable quantité. Les différences qui semblent exister, sous ce rapport, entre les divers vaisseaux comparés entre eux, tiennent à ce que les uns comprimés par les muscles, les plans aponévrotiques, se dilatent peu, tandis que d'autres plus libres peuvent se gorger davantage; elles résultent aussi, en partie, de l'inégale facilité avec laquelle ces vaisseaux se dégorgent dans le canal thoracique ou dans ses principaux affluents; d'ailleurs les diverses parties du système sont assez indépendantes les unes des autres pour que certaines d'entre elles puissent être très distendues pendant que d'autres plus ou moins rapprochées de celles-là, restent presque affaissées ou se maintiennent à un degré moyen de réplétion.

Le cours des fluides dans les vaisseaux blancs passe pour être excessivement lent. Les physiologistes ont cru jusqu'ici que ces fluides n'existaient qu'en faibles proportions, et qu'ils devaient se mouvoir avec lenteur. M. Magendie lui-même reproduit cette erreur. Quand on a comprimé, dit-il, les lymphatiques du cou « de manière à faire passer la lymphe qui les distend dans la veine sous-clavière, il faut quelquefois plus d'une demi-heure avant qu'ils se remplissent de nouveau, et souvent ils restent vides. » Or, il est facile de s'assurer par diverses expériences d'une extrême simplicité que le cours du chyle et de la lymphe n'a pas la lenteur qu'on lui attribue.

En effet, si, après avoir mis à découvert un des vaisseaux lymphatiques qui longent la trachée chez le bœuf et le cheval, on l'étreint, en un point de son étendue, par une ligature, il suffira d'une minute et même d'une demi-minute pour que le vaisseau préalablement vidé se gorge de lymphe et prenne le diamètre d'un gros tuyau de plume. D'autre part, si l'on établit des fistules aux lymphatiques de l'encolure, à ceux des ganglions préscapulaires, aux vaisseaux de la face interne de la cuisse et si l'on fixe de petits tubes à ces vaisseaux, on voit aisément, par les quantités de liquide qui s'échappent continuellement des tubes, que le cours de la lymphe a une certaine rapidité. Enfin si l'on établit des fistules de ce genre, au canal thoracique, à l'une de ses branches terminales ou au tronc lymphatique droit, on se fera une idée plus juste encore de la vitesse propre au chyle et à la lymphe, mais ces divers points méritent d'être traités avec quelques développements.

En établissant des fistules aux vaisseaux lymphatiques cervicaux satellites de l'artère carotide, il est facile, sur le cheval, d'étudier minutieusement les particularités qui se rattachent à la progression de la lymphe dans les vaisseaux d'un calibre déjà considérable. Ces lymphatiques, dès qu'ils sont mis à découvert par une petite incision de 6 à 8 centimètres en avant de la veine jugulaire, peuvent être incisés et recevoir un tube de 2 à 3 millimètres de diamètre qu'on maintient dans leur intérieur à l'aide d'une ligature circulaire. Bientôt le vaisseau se gonfle un peu, le tube se remplit, et la lymphe vient s'échapper en gouttelettes citrines et parfaitement transparentes à son extrémité libre. L'écoulement continue ainsi pendant plusieurs jours et jusqu'au moment de la chute du petit appareil. Une fois celui-ci détaché, la petite plaie se resserre et ne tarde pas à se cicatriser.

Par cette méthode très simple, que je crois employer pour la première fois, on s'assure que la progression de la lymphe est continue au lieu d'être intermittente,

comme le prétend M. Magendie, et que les vaisseaux blancs renferment toujours de la lymphe, au lieu de n'en contenir « que dans des cas particuliers, » comme l'avance encore l'habile expérimentateur. On s'assure aussi, par le même moyen, que la lymphe a toujours le même aspect, la même teinte citrine, la même transparence, à peu près le même degré de coagulabilité, la même réaction alcaline et conséquemment on se convainc du peu de fondement des opinions des physiologistes sur la variabilité de la teinte de la lymphe, sur la couleur rosée qu'elle acquerrait sous l'influence de l'abstinence, etc. Enfin, par ce procédé simple on peut apprécier les quantités de liquide qui passent, en une période quelconque, dans un vaisseau d'un calibre déterminé, et juger de l'influence que la compression, les mouvements et d'autres causes encore exercent sur la progression lymphatique.

La quantité de lymphe qu'on recueille par les lymphatiques du cou varie suivant que, de chaque côté, il y a un ou deux vaisseaux. Quand le vaisseau est simple, il donne en moyenne de 15 à 25 grammes de liquide en un quart d'heure, c'est-à-dire de 60 à 100 grammes par heure. Ce produit, qui paraît minime, représente cependant, pour une période de vingt-quatre heures et pour un seul vaisseau de l'encolure, un total de 1,440 à 2,400 grammes. Ce produit est plus faible lorsque l'encolure et la tête sont immobiles; il devient plus considérable, d'un quart, d'un tiers, et quelquefois du double pendant le repas, lors de l'agitation de la tête, des mâchoires et dans les moments où l'expérimentateur passe la main, à de fréquents intervalles, sur le trajet des vaisseaux ouverts.

A l'aide de ces premières données, qu'on pourrait généraliser dans de certaines limites, on arriverait déjà à quelques aperçus intéressants sur la masse des fluides que charrient les vaisseaux blancs dont le diamètre est à peu près exactement déterminé; mais comme, en pareille matière, les généralisations ne peuvent conduire qu'à des approximations vagues, il faut appliquer la méthode expérimentale à d'autres parties du système lymphatique, notamment aux deux troncs qui apportent dans les veines la totalité du chyle et de la lymphe.

Flandrin, après avoir lié sur plusieurs chevaux le canal thoracique, eut l'idée d'ouvrir ce canal et d'y fixer un tube qui lui permît de recueillir la lymphe. Il tenta cette expérience sur un animal de cette espèce et obtint, en un temps qu'il n'indique pas, 3 onces de liquide; mais le tube s'étant bientôt obstrué, il ne put poursuivre ses recherches. M. Magendie (1), en incisant le canal thoracique au cou, a vu qu'il s'écoule, chez le chien vivant au moment de la digestion, « d'abord au moins une demi-once de liquide en cinq minutes et que l'écoulement continue, mais beaucoup plus lentement, tant que dure la formation du chyle. » Enfin, Collard de Martigny a obtenu par le même procédé 9 grains de liquide sur un lapin qui avait jeûné pendant vingt-quatre heures, et 5 grains en sept minutes sur un autre de ces rongeurs. Ces trois expérimentateurs étaient dans la bonne voie, mais aucun d'eux n'a su féconder une idée excellente, ni en tirer le parti qu'on pouvait en tirer.

Pour entreprendre la série de recherches dont je vais donner le résumé, j'ai laissé de côté les victimes classiques des expérimentateurs et j'ai opéré sur les so-

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 183, 4e édit.

lipèdes et les grands ruminants qui devaient me donner les moyens d'étudier, dans tous ses détails, le cours du chyle et de la lymphe. Il devenait possible par là de déterminer exactement la vitesse de la progression de ces fluides, d'apprécier la quantité qui en est apportée dans les veines en un temps donné, de voir les variations que celle-ci éprouverait pendant le repas, la digestion gastrique, la digestion intestinale, la rumination, l'abstinence plus ou moins prolongée, et dans les diverses conditions où les animaux seraient placés. Il devenait, de même, très facile de juger des changements éprouvés par les fluides, sous le rapport de la couleur, du degré de coagulabilité, de la composition chimique et de l'état des globules. Enfin, on pouvait non moins aisément reconnaître par ce moyen l'influence qu'exerce la déperdition du chyle et de la lymphe sur la nutrition générale, l'état du sang, et de suivre les effets consécutifs à l'établissement de la fistule, au rétablissement du canal ou à son oblitération partielle.

Pour établir une fistule au canal thoracique du cheval, on couche le solipède sur le côté droit et l'on porte fortement en arrière le membre antérieur gauche qui doit être maintenu dans cette position. Puis on fait une incision longue de 15 à 20 centimètres sur le trajet du mastoïdo-huméral, parallèlement à la jugulaire et à 2 ou 3 centimètres en-dessus. L'incision étant prolongée jusque très près de la ligne de la première côte, on coupe en travers le mastoïdo-huméral et le sous-scapulo-hyoïdien, près de l'angle de l'épaule, on lie les divisions de la cervicale inférieure et la branche principale de cette artère, si elles se trouvent blessées. Enfin, on divise transversalement et avec précaution le muscle scalène à son insertion au bord antérieur de la première côte. Cela fait, on voit au-dessous du dernier muscle une aponévrose mince, à la face interne de laquelle on peut quelquefois apercevoir le canal thoracique. Alors on incise l'aponévrose et on cherche le canal au bord inférieur de l'œsophage, au niveau de la première côte. Dès qu'on l'a trouvé, on fait passer au-dessous de lui, à l'aide d'une aiguille courbe et émoussée, un fil ciré, puis on l'incise longitudinalement, dans une étendue de 1 centimètre. Par cette ouverture on engage un tube métallique long de 12 à 15 centimètres, large de 7 à 8 millimètres et portant un rebord à chacune de ses extrémités, enfin on lie le canal sur ce tube en ayant soin de bien serrer le nœud droit. Une fois le tube fixé, on place quelques pinceaux d'étoupes dans la plaie dont on réunit les bords par une suture, en ayant soin de laisser entre ceux-ci le tube qui a son extrémité libre dirigée en bas, et on relève l'animal. Cette opération n'est pas toujours très facile. Le sang que fournissent les petits vaisseaux que l'on est souvent dans l'impossibilité de lier, la graisse, les ganglions qui entourent l'extrémité terminale du canal thoracique, le soustraient parfois assez longtemps à la vue de l'expérimentateur ; enfin, le reflux du sang qui a lieu dans son intérieur lui donne encore assez fréquemment l'aspect d'une veine. D'ailleurs, lors même que le canal est trouvé et incisé, on peut encore éprouver quelques difficultés à y adapter solidement le tube.

Dès que le tube est fixé au canal thoracique, la lymphe mêlée au chyle s'en échappe par l'extrémité libre sous l'aspect d'un fluide rosé qui se coagule rapidement dans les vases où on le recueille. L'écoulement s'accélère à chaque expiration et se ralentit à chaque inspiration ; il se montre plus ou moins abondant suivant l'état de la digestion, la taille, la vigueur de l'animal et d'autres circonstances parmi

lesquelles il faut placer en première ligne la disposition plus ou moins heureuse de l'appareil adapté à la fistule. Voici les résultats obtenus sur deux chevaux de taille moyenne dont le canal resta ouvert pendant douze heures.

Expérience sur un cheval de taille moyenne âgé de dix ans.

Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	État de l'animal et observations.	Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	État de l'animal et observations.
	15	200	L'animal est debout.		15	290	
1re	15	140	Liquide rosé.	7e	15	270	
heure.	15	165	id.	heure.	15	300	
	15	180	id.		15	375	
		685				1235	
	15	160	L'animal mange.		15	300	
2e	15	215	id.	8e	15	360	L'animal se remet à
heure.	15	190	id.	heure.	15	280	manger.
	15	175	id.		15	210	Il mange.
		740				1150	
	15	160	id.		15	240	id.
3e	15	120	id.	9e	15	250	Il ne mange plus.
heure.	15	260	id.	heure.	15	240	
	15	210	Il ne mange plus.		15	245	
		750				975	
	15	130	Il boit de l'eau farineuse.		15	250	
4e	15	200		10e	15	220	
heure.	15	190	L'animal paraît rassasié	heure.	15	270	
	15	215	et désaltéré. Il est		15	210	
		735	calme et ne donne			950	
	15	250	pas de marques de		15	260	
5e	15	260	souffrances.	11e	15	230	
heure.	15	265	Le liquide est rosé.	heure.	15	220	
	15	280			15	160	
		1,055				870	
	15	200			15	220	
6e	15	290		12e	15	230	
heure.	15	310		heure.	15	165	L'anim. est touj. debout
	15	290			15	160	On cesse de recueillir le
		1090				775	produit de la fistule.

Expérience sur un autre cheval de taille ordinaire.

Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantité en grammes.	État de l'animal et observations.	Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantité en grammes.	État de l'animal et observations.
1re heure.	15	72	L'animal est debout et	7e heure.	15	255	
	15	40	tranquille.		15	270	
	15	70	L'animal mange.		15	235	
	15	90	id.		15	170	
		272				930	
2e heure.	15	340	Chyle rosé peu coagulab.	8e heure.	15	165	
	15	280	L'an. continue à manger		15	155	
	15	200	Il boit 7 à 8 litres d'eau.		15	135	L'animal mange un
	15	240	Le liquide devient légè-		15	155	peu.
		1060	rement trouble et son sérum lactescent.			610	
3e heure.	15	225		9e heure.	15	255	
	15	260			15	220	Il boit quelques litres
	15	180			15	260	d'eau.
	15	175			15	200	
		840				935	
4e heure.	15	190	Le liq. est moins laiteux.	10e heure.	15	240	
	15	205	L'animal mange.		15	235	Il recommence à
	15	250			15	180	manger.
	15	230	Le liq. redevient laiteux.		15	185	
		875				840	
5e heure.	15	95		11e heure.	15	160	
	15	225			15	215	
	15	190	Il n'est plus laiteux.		15	200	
	15	215	L'animal mange.		15	160	
		825				735	
6e heure.	15	240	id.	12e heure.	15	160	
	15	198	id.		15	265	
	15	160			15	150	
	15	220			15	140	On cesse de recueillir
		818				715	le produit de la fistule

Ainsi, sur le cheval, le cours du chyle et de la lymphe est assez régulier, ce qui s'explique par la continuité de la digestion intestinale et de l'absorption chez ce solipède. Néanmoins, l'écoulement de ces fluides éprouve quelques oscillations dont les maxima répondent aux périodes de la plus grande activité digestive, et les minima aux périodes de ralentissement de la chylification et de l'absorption des boissons. Le canal thoracique verse dans le système veineux environ de 800 à 1,000 grammes par heure, ou de 10 à 11,000 grammes à chaque période de vingt-quatre heures. Ce produit qui paraît considérable, l'est en réalité très peu, comparativement à celui que donne le canal thoracique des grands ruminants. Il résulte du mélange du chyle

avec la lymphe : aussi prend-il une teinte un peu lactescente dans sa partie séreuse lorsque la digestion intestinale arrive à ses périodes de plus grande activité ; il conserve une teinte rosée et jouit d'une coagulabilité très marquée, quels que soient l'état du sujet et l'activité des fonctions digestives.

Chez les ruminants, l'expérience précédente est beaucoup plus facile et ses résultats sont plus intéressants que chez le cheval. Il suffit pour établir une fistule au canal thoracique du bœuf de pratiquer en avant de l'angle de l'épaule une incision longue de 15 à 16 centimètres, le membre antérieur gauche étant fortement porté en arrière. Dès que la peau est divisée, on arrive immédiatement sur le scalène qu'on coupe en travers, sans intéresser le mastoïdo-huméral, puis on met à découvert l'extrémité antérieure du canal ; on l'ouvre et l'on y fixe un tube. Les détails de l'opération sont très faciles, à cause de la faible couche de parties molles à traverser pour arriver sur le canal, et la fistule peut être faite sans que la plaie soit, pour ainsi dire, le siége d'une hémorrhagie sensible. Il y a si peu de douleur à la suite de l'opération, que l'animal continue à manger et à ruminer comme il le faisait auparavant. Enfin, les délabrements sont si peu graves, que la plaie se cicatrise en huit à dix jours après l'enlèvement du tube par lequel s'échappaient le chyle et la lymphe.

Ces expériences sur le bœuf vont nous montrer des variations considérables dans l'abondance des fluides charriés par le canal. Mais ces variations trouveront leur explication dans les modes divers de l'insertion du canal thoracique et de la fusion de celui-ci avec les lymphatiques de la tête, de l'encolure et des membres antérieurs. Nous verrons, en effet, que le produit d'une fistule est loin d'être le même pour des animaux de même taille et placés dans des conditions à peu près semblables. Cette fistule nous donnera le tiers, la moitié ou la totalité des fluides charriés par le canal, suivant que ce dernier s'ouvrira dans les veines par trois, deux ou une seule branche. Voici d'abord une première expérience dans laquelle la fistule ne donne qu'une partie de la lymphe et du chyle, car le canal se termine par plusieurs branches. Le tube est fixé à la principale d'entre elles ; les autres restent libres.

Expérience sur une vache de petite taille.

Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.	Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.
	15	190			15	270	
1re	15	240		7e	15	150	
heure	15	200		heure.	15	200	
	15	270			15	250	
		900				870	
	15	360	L'animal mange.		15	270	Il mange un peu.
2e	15	320		8e	15	125	
heure.	15	320		heure.	15	150	
	15	210	Il ne mange plus.		15	230	
		1210				775	
	15	250	Liquide lactescent.		15	160	
3e	15	290	Très coagulable.	9e	15	180	
heure.	15	300		heure.	15	170	
	15	230	L'animal est couché et		15	200	L'animal est toujours
		1070	ne remue pas.			710	couché.
	15	210			15	130	
4e	15	240	id.	10e	15	180	
heure.	15	270	id.	heure.	15	180	
	15	290	id.		15	240	
		1010				730	
	15	270			15	200	L'animal mange un
5e	15	230	Il boit le tiers d'un seau	11e	15	200	peu.
heure.	15	250	d'eau.	heure.	15	210	
	15	255	Il est couché.		15	150	
		1005				760	
	15	230	id.		15	210	
6e	15	235	id.	12e	15	180	Il se relève.
heure.	15	180	id.	heure.	15	120	
	15	240	id.		15	100	Il mange un peu.
		885				610	

En voici une seconde faite sur un petit taureau de seize à dix-sept mois, dont le canal thoracique se termine à une ampoule à laquelle aboutissent plusieurs branches assez fortes. Le tube est adapté à la plus considérable, mais on est obligé de le fermer au bout de onze à douze heures. On l'enlève le troisième jour pour permettre à la lymphe et au chyle de couler à l'extérieur. La déperdition de ces divers fluides fait tellement maigrir le jeune ruminant, qu'au neuvième jour il a perdu 45 kilogrammes, ou à peu près le septième de son poids initial.

Expérience sur un jeune taureau du poids de 310 *kilogrammes.*

Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.	Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.
	15	390	L'animal est debout.		15	290	Le liquide recueilli conserve les mêmes caractères.
1re	15	410	id.	5e	15	340	
heure.	15	375	Le fluide recueilli est rosé.	heure.	15	300	
	15	350			15	275	
		1725				1205	
	15	370	Il se coagule lentement		15	290	
2e	15	310		6e	15	220	
heure.	15	290		heure.	15	221	
	15	310			15	260	
		1280				991	
	15	375			15	220	
3e	15	320		9e	15	155	
heure.	15	315		heure.	15	260	
	15	315			15	275	
		1325				910	
	15	340			15	320	
4e	15	260		10e	15	300	L'air s'engage par intervalles dans le canal.
heure.	15	335		heure.	15	260	
	15	320	L'animal boit 5 à 6 litres d'eau.		15	190	On est obligé de fermer le tube.
		1255				1070	

L'expérience suivante est faite sur un petit taureau à peu près du même âge que le précédent et pesant seulement 260 kilogrammes. Le canal, dont j'ai donné la figure (p. 78), s'ouvre par quatre branches dont la plus grande seule verse son contenu dans l'appareil de la fistule. Cependant, malgré cette circonstance, il s'écoule encore à l'extérieur 13,700 grammes de chyle et de lymphe en dix heures, c'est-à-dire une moyenne de 1,100 grammes par heure. Cette énorme quantité doit nous donner une idée de celle qui aurait été versée par les quatre branches si elles eussent été ouvertes.

Expérience sur un jeune taureau pesant 260 *kilogrammes.*

Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.	Heures de l'expérience.	Temps en minut	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.
	15	275	L'animal est couché.		15	375	Il est toujours debout.
1re	15	340	id.	7e	15	400	
heure.	15	475	Il se relève.	heure.	15	350	Il rumine.
	15	370	Il est debout.		15	310	
		1460				1435	
	15	335	Il commence à manger.		15	275	Le liquide est pâle, très
2e	15	360	Le chyle est rosé.	8e	15	225	laiteux.
heure.	15	325	L'animal rumine.	heure.	15	260	Se coagule lentement.
	15	360	Le liquide devient plus		15	200	id.
		1380	pâle, légèrement laiteux.			960	
	15	380			15	150	L'animal est couché.
3e	15	400		9e	15	310	Il rumine.
heure.	15	375	L'animal boit 6 à 7 li-	heure.	15	250	Il cesse de ruminer.
	15	345	tres d'eau.		15	255	
		1500				965	
	15	325	Il rumine.		15	130	
4e	15	315		10e	15	170	
heure.	15	350		heure.	15	200	
	15	320	Il mange.		15	210	Il est debout.
		1310				710	
	15	295	id.		15	295	Il mange.
5e	15	340	id.	11e	15	294	
heure.	15	355	id.	heure.	15	245	
	15	340	Il ne mange plus.		15	220	Il rumine un peu.
		1330				1054	
	15	305	id.		15	140	id.
6e	15	335	id.	12e	15	30	id.
heure.	15	300	id.	heure.	15	90	id.
	15	335	id.		15	65	
		1275				325	

La troisième expérience est faite sur une vache de taille moyenne dont le canal thoracique est simple à son insertion. Cette fois, la fistule donne la totalité de la lymphe et du chyle. La somme de ces deux fluides s'élève, en une heure, jusqu'à 5,945 grammes, et le produit recueilli pendant douze heures à 47,693 grammes, de telle sorte que, pour une période de vingt-quatre heures, il s'élève à 95,386 grammes, c'est-à-dire à environ un hectolitre. On obtiendrait un produit beaucoup plus élevé si l'on opérait sur des ruminants de très grande taille.

Expérience sur une vache de taille moyenne dont le canal thoracique se termine par une seule branche.

Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.
	10	1350	
	10	1230	
1re	10	810	
heure.	10	803	
	10	860	
	10	890	
		5945	
	10	904	
	10	780	L'animal est relevé.
2e	10	908	
heure.	10	860	
	10	1280	
	10	980	L'animal mange de la farine
		5712	
	15	1546	
3e	15	1500	
heure.	15	900	
	15	885	
		4831	
	15	1112	
4e	15	1215	Il mange.
heure.	15	1050	
	15	1026	
		4403	
	15	945	
5e	15	912	
heure.	15	1060	
	15	1120	
		4037	
	15	922	
6e	15	1000	
heure.	15	800	
	15	900	
		3622	
	15	810	
	15	740	
7e	15	790	
heure.	15	750	
		3090	
	15	850	
8e	15	980	
heure.	15	745	
	15	580	L'animal boit 10 litres d'eau farineuse.
		3155	
	15	730	
9e	15	750	
heure.	15	830	
	15	910	
		3220	
	15	920	
10e	15	1000	
heure.	15	1010	
	15	800	
		3730	
	15	860	
11e	15	860	
heure.	15	840	
	15	700	
		3260	
	15	690	
12e	15	625	
heure.	15	690	On ferme le tube.
	15	691	
		2696	

Enfin la dernière expérience faite sur un petit taureau d'un an et du poids de 185 kilogrammes, montre le cours de la lymphe et du chyle non interrompu jusqu'à l'épuisement complet de l'animal. Les produits de la fistule sont recueillis pendant quatre jours, et l'appareil est enlevé lorsqu'il ne passe presque plus rien dans le canal du taureau affaibli et presque mourant. Les quantités obtenues indiquent assez que le canal thoracique n'était pas simple.

Expérience sur un petit taureau d'un an pesant 185 kilogrammes.

Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.
	15		L'animal est couché.
1re heure.	15	190	
	15	230	Il est debout.
	15	190	
		770	
	15	170	
2e heure.	15	140	
	15	170	
	15	171	
		651	
	15	170	Il mange.
3e heure.	15	210	
	15	180	
	15	170	
		730	
	15	140	
4e heure.	15	130	Il ne mange plus.
	15	140	
	15	150	
		560	
	15	150	
5e heure.	15	270	
	15	175	
	15	180	
		775	
	15	150	Il boit à plusieurs reprises.
6e heure.	15	140	
	15	160	
	15	140	
		590	
	15	150	
7e heure.	15	160	
	15	155	
	15	170	
		635	
	15	160	
8e heure.	15	150	
	30	300	L'animal rumine.
		610	
9e heure.	30	255	Il est couché.
	30	375	Il boit.
		630	
10e heure.	30	320	
	30	330	Il mange.
		650	

Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.
11e heure.	30	300	
	30	320	
		620	
12e heure.	30	315	Il rumine.
	30	320	
		635	
13e heure.	30	350	Il mange un peu.
	30	325	
		675	
14e heure.	30	340	Il rumine.
	30	300	
		640	
15e heure.	30	319	Il est couché.
	30	343	
		662	
16e heure.	30	328	Il rumine.
	30	382	
		710	
17e heure.	30	349	Il est debout.
	30	356	
		705	
18e heure.	30	272	Il est debout sans manger ni ruminer.
	30	340	
		612	
19e heure.	30	240	id.
	30	300	
		540	
20e heure.	30	290	
	30	280	
		570	
21e heure.	30	280	
	30	270	
		550	
22e heure.	30	271	
	30	260	
		531	
23e heure.	30	280	Il rumine.
	30	265	
		545	
24e heure.	30	265	
	30	280	
		545	

Suite de l'expérience précédente.

Heures de l'expérience.	Temps en minutes.	Quantités en grammes.	Etat de l'animal et observations.
			Deuxième jour.
29e heure.	30	290	Il mange.
	30	255	
		545	
31e heure.	30	340	Il rumine.
	30	280	
		620	
32e heure.	30	260	
	30	250	
		510	
33e heure.	30	240	
	30	230	Il rumine.
		470	
34e heure.	30	260	
	30	270	
		530	
35e heure.	30	140	
	30	300	Il rumine.
		440	
			Troisième jour.
47e heure.	30	260	L'an. est à jeun depuis 14 h.
	30	280	Il mange.
		540	
49e heure.	30	250	Il se couche.
	30	320	
		570	
50e heure.	30	330	
	30	300	
		630	
51e heure.	30	185	
	30	185	
		370	
54e heure.	30	180	
	30	170	
		350	
55e heure.	30	125	Il est couché et rumine.
	30	115	
		240	
56e heure.	30	175	
	30	200	Il rumine.
		375	
			Quatrième jour.
65e heure.	30	205	
	30	110	L'animal est très affaibli
		315	
66e heure.	30		L'écoulement est presque arrêté.
	30		

Les expériences que je viens de rapporter ne sont pas seulement intéressantes par les résultats exprimés dans les tableaux précédents, elles le sont encore par les lumières qu'elles jettent sur divers points obscurs des fonctions du système lymphatique. Aussi faut-il les analyser avec soin, afin d'en tirer tous les enseignements précieux qu'elles peuvent nous donner.

Le premier fait qui frappe l'expérimentateur à l'aspect du canal thoracique ouvert c'est la saccade régulière éprouvée par le jet du liquide que verse le canal. L'écoulement du chyle et de la lymphe est continu, mais il est alternativement accéléré et ralenti : il est accéléré à chaque expiration et ralenti au contraire à chaque inspiration. Le canal éprouve une série non interrompue de pulsations, il a une diastole et une systole qui se succèdent regulièrement, et par conséquent le jet de la lymphe, versé dans les veines ou à l'extérieur, suivant que le canal est

fermé ou percé d'une très petite ouverture, est, jusqu'à un certain point, comparable à celui du sang artériel. Lorsque le canal est largement ouvert, l'écoulement a lieu en nappe sans être sensiblement saccadé. Lorsque le tube est adapté à l'ouverture, le liquide s'en échappe par intermittences, et enfin dans le cas où ce tube est prolongé par un tuyau souple de caoutchouc, l'effort de la lymphe, à chaque expiration, dilate le tuyau élastique qui donne parfois la sensation d'une artère dont les battements seraient très faibles.

L'écoulement de la lymphe et du chyle du canal dans les veines est continu; il n'éprouve aucune interruption, même lorsque la digestion est extrêmement ralentie ou suspendue, quel que soit d'ailleurs le degré d'affaiblissement de l'animal, car l'absorption intestinale trouve toujours des matériaux à saisir; et lorsque les chylifères sont presque inactifs, les lymphatiques des diverses parties du corps recueillent encore les éléments ordinaires de la lymphe. Cet écoulement se ralentit seulement à mesure que les fonctions digestives deviennent languissantes; il est plus abondant après le repas, l'ingestion des boissons et la rumination, que dans les circonstances opposées.

La quantité de fluide charriée par le canal s'élève à un chiffre qui confond l'imagination la plus hardie. Une seule des branches de ce conduit donnait, par heure, jusqu'à 1210 grammes sur une vache de petite taille, 1725 grammes sur un petit taureau de dix-sept à dix-huit mois. L'une des quatre branches du canal d'un petit taureau versait jusqu'à 1500 grammes, et le canal simple d'une vache 5945 grammes pendant la même période. Le produit recueilli s'élevait en vingt-quatre heures, de 25 à 30 kilogrammes, pour de jeunes animaux, encore loin d'avoir atteint l'âge adulte, et à 95 000 grammes ou 95 litres sur une vache, dont la totalité du chyle et de la lymphe pouvait s'écouler à l'extérieur. Cependant le canal thoracique simple du cheval ne donne jamais une telle abondance de liquide, mais la cause de cette particularité me paraît tenir à la compression éprouvée par l'extrémité antérieure du conduit dans lequel on a engagé l'appareil, et au passage d'une partie du liquide dans le tronc lymphatique droit à travers les anastomoses qui existent entre ces deux grands vaisseaux.

Le mélange de chyle et de lymphe versé par la fistule est habituellement un peu rosé, rarement il est opalin, jaunâtre et sans reflet rougeâtre. Sa teinte rosée ne lui est point inhérente : elle provient d'une petite quantité de sang qui s'est mêlée aux deux fluides charriés par le canal. Je pense que ce sang a reflué dans le canal par les branches restées libres, ou qu'il a pénétré dans quelques petites divisions lymphatiques blessées au voisinage de la fistule, car la teinte du liquide se montre rosée, même chez les sujets dont le canal est simple. Mais, quelle que puisse être la voie par laquelle ce sang a pénétré, la quantité de ce dernier fluide est fort minime. Il suffit d'un 2/100 pour donner à l'eau pure la même teinte rosée que celle du chyle et de la lymphe.

La couleur du liquide versé par le canal varie, du reste, suivant les conditions dans lesquelles se trouvent les animaux. Elle devient un peu lactescente, lorsque la digestion intestinale est active et que, par conséquent, le chyle entre pour une forte proportion dans le mélange. Souvent le changement n'est pas sensible dans le liquide examiné en masse et coagulé; mais il devient frappant quand on condense

le caillot pour mettre en liberté le sérum. Celui-ci présente alors une teinte opaline remarquable, qui contraste avec la couleur jaunâtre et la transparence du sérum obtenu pendant les intervalles de la chylification. Les nuances qui existent entre ces deux extrêmes sont des moyens excellents de juger de l'activité ou du ralentissement de la digestion. Jamais je n'ai pu vérifier l'observation de Haller qui dit avoir vu passer dans le canal thoracique alternativement de la lymphe jaunâtre et du chyle laiteux.

Le fluide charrié par le canal est constamment coagulable. Reçu dans un vase, il ne tarde pas, au bout de cinq, dix, douze minutes, à se prendre en une masse qui se moule exactement sur les parois de ce vase. Le caillot formé est assez consistant, et il ne se sépare jamais spontanément du sérum, si ce n'est au bout de plusieurs jours et sous l'influence d'un commencement de décomposition. La coagulabilité paraît sensiblement plus forte pendant la digestion que dans les intervalles de cette fonction ; elle diminue un peu à mesure que les animaux s'affaiblissent ; mais elle est encore assez prononcée chez les sujets dont la lymphe et le chyle s'écoulent à l'extérieur depuis plusieurs jours ; elle l'est encore assez chez ceux qui ont éprouvé d'abondantes déperditions sanguines. Dans aucun cas elle ne cesse de se montrer, car le fluide mixte charrié par le canal contient toujours une certaine proportion de fibrine.

Il est à noter que c'est par suite de cette propriété que le fluide qui passe dans les tubes finit par les obstruer et mettre ainsi un terme plus ou moins rapproché à son écoulement. Aussi, l'expérimentateur doit-il s'attendre à voir la moitié de ses tentatives demeurer incomplètes par cette seule cause. La désobstruction du tube suffit rarement à rétablir l'écoulement, car le coagulum, formé dans ce dernier, se propage plus ou moins loin à l'intérieur du canal thoracique.

Le fluide mixte versé par le canal contient constamment les globules blancs argentins de la lymphe, les globules graisseux du chyle et presque toujours des globules du sang. Sa réaction est alcaline, sa composition a été déterminée par M. Lassaigne, d'après des échantillons très purs que j'avais obtenus sur une vache placée dans de bonnes conditions. Le sérum séparé de la fibrine avait une densité de 1,009 et contenait 96,63 d'eau et 3,37 de principes fixes. Le coagulum à l'état sec avait, dans trois expériences successives, un poids de 0gr.,082, 0gr.,097, 0gr.,106 sur 100 grammes de liquide : c'était de la fibrine pure. L'examen du fluide en masse a donné le résultat suivant :

Eau.	96,40
Fibrine.	0,09
Albumine.	2,80
Matière grasse.	0,04
Chlorure sodique.	0,50
Carbonate sodique.	0,12
Phosphate et sulfate.	
Phosphate calcique.	0,05
	100,00

Les principes constituants du liquide mixte dont la composition vient d'être donnée, n'existent pas toujours dans des proportions invariables. Les différences

de coagulabilité indiquent, sans le secours de l'analyse, que les quantités de fibrine qu'il contient, sont loin d'être toujours les mêmes. La transparence du sérum ou son opalinité plus ou moins marquée annonce des variations notables dans les quantités de matières grasses. M. Clément a trouvé que le liquide recueilli par moi sur une vache renfermait, sur 1000 parties, 4,448 de graisse pendant les périodes d'activité digestive, alors que le sérum était lactescent, et seulement 0,079 pendant les moments où la digestion paraissait languissante, et alors que le sérum était transparent, jaunâtre, sans reflet opalin.

Les résultats que je viens d'exposer démontrent donc clairement qu'on s'est fait, jusqu'à ce jour, des idées fausses sur la vitesse de la circulation lymphatique et la proportion des fluides qu'elle met en mouvement. Ils dispensent de faire ressortir le peu de fondement des calculs de Cruikshank et d'autres sur le nombre de pouces que parcourt le chyle dans le canal thoracique en une seconde. Enfin, ils fournissent une réfutation suffisante à l'opinion de Haller, d'après laquelle le canal serait trop étroit pour donner passage à tout ce qui est absorbé pendant une période de vingt-quatre heures dans les voies digestives. Si les auteurs modernes qui défendent cette manière de voir s'étaient donné la peine de faire quelques expériences, ils auraient bientôt reconnu l'erreur commise par l'illustre physiologiste du dernier siècle.

L'énorme quantité de chyle et de lymphe que le canal thoracique et le tronc lymphatique droit versent dans les veines, nous donne une idée de l'importance du rôle que joue dans l'économie le système des vaisseaux blancs; elle nous explique aisément la rapidité avec laquelle le sang se renouvelle après ces saignées abondantes qui enlèvent souvent, en quelques jours, l'équivalent et même le double de ce qui est normalement en circulation. Mais je reviendrai plus tard sur ce point avec quelques développements.

La grande proportion d'éléments apportés par les lymphatiques à la reconstitution du sang nous fait pressentir les effets fâcheux qui doivent résulter de la déperdition plus ou moins complète de ces matériaux : l'expérience nous permet de suivre ces effets jusqu'à la mort qui doit en être la conséquence très prochaine.

Le jeune taureau dont la fistule au canal demeura libre pendant quatre jours ne parut d'abord pas souffrir de l'écoulement à l'extérieur du chyle et de la lymphe : il mangeait et ruminait comme à l'ordinaire : son appétit et sa soif n'avaient pas acquis de vivacité anormale. Mais dès le troisième jour, l'animal demeure longtemps couché; il mange peu et à de rares intervalles; ses périodes de rumination sont courtes; une fois couché, il ramène la tête vers le flanc et les jarrets, puis il s'assoupit. Au quatrième jour, sa langueur est extrême; il ne mange plus que quelques brins de fourrage et il les mâche mollement; il a la conjonctive pâle, les oreilles froides, le poil redressé. Dans le courant de cette journée, il s'étend sur le côté comme le font les animaux très malades et conserve cette attitude pendant plus d'une heure sans faire aucun mouvement. Le chyle coule en si petite quantité qu'il se coagule fréquemment dans le tube, bien qu'on en retire le caillot à de courts intervalles; en un mot, le ruminant est épuisé. J'enlève le tube et les fils qui le maintiennent, et je ferme la plaie blafarde après l'avoir détergée avec la teinture

d'aloès. Le taureau reçoit du vin et des infusions aromatiques; le lendemain il mange de la farine et quelques brins de fourrage, puis il se rétablit en huit à dix jours.

Un second taureau, un peu plus grand que le précédent, eut l'une des branches du canal thoracique ouverte pendant huit jours. La totalité du produit de la fistule fut seulement recueillie pendant dix heures, après lesquelles le tube fut fermé puis enlevé le lendemain. A partir du deuxième jour, bien que les lèvres de la plaie fussent maintenues rapprochées, la lymphe et le chyle, continuant à s'écouler, déterminaient au poitrail et à l'encolure une infiltration considérable. L'animal mangeait, et paraissait bien digérer, mais il maigrissait à vue d'œil, de sorte qu'au bout de huit jours il avait perdu 45 kilogrammes de son poids initial.

Connaissant la rapidité avec laquelle les fluides se meuvent dans les vaisseaux lymphatiques, les masses énormes de chyle et de lymphe que ce système apporte dans le torrent de la circulation, les effets remarquables que la déperdition, même partielle, de ces fluides produit sur la nutrition, nous devons naturellement rechercher ce qui résultera de l'interruption du cours du chyle et de la lymphe par un obstacle quelconque apporté à leur afflux dans les veines.

Depuis fort lontemps déjà l'attention des physiologistes s'est fixée sur cette intéressante question. Lower, Duverney, Flandrin, Dupuytren et d'autres, ont tenté de l'éclaircir, mais, malgré leurs expériences devenues célèbres, ils l'ont laissée encore couverte de beaucoup d'obscurité.

Lower, pour reproduire une blessure analogue à celle du canal thoracique observée sur l'homme et citée par Bartholin, coupa en travers le canal sur deux chiens. Ces deux animaux moururent des suites d'un épanchement de chyle dans les plèvres. L'expérience imaginée par ce physiologiste habile était mal instituée : elle n'apprit rien.

Duverney fit mieux, sans cependant faire bien. Il eut l'idée de lier la veine sous-clavière près de l'insertion du canal, et les chiens ne moururent qu'au bout d'une quinzaine de jours. Son expérience ne pouvait avoir aucune signification précise, car, de quelque manière qu'elle fût faite, la ligature n'était pas susceptible d'empêcher la lymphe et le chyle de se mêler à la masse du sang. Appliquée entre le canal et la partie périphérique de la veine, cette ligature n'apportait aucun changement au cours du liquide; placée entre l'insertion du canal et le cœur, elle avait pour résultat de faire refluer ce liquide avec le sang jusqu'au point où une anastomose entre la sous-clavière et les veines voisines lui permettrait de reprendre son cours vers le cœur. L'expérience eût mieux rempli son but par deux ligatures, l'une en deçà, l'autre au delà de la terminaison du canal, et encore elle eût entraîné pour complication fâcheuse une gêne extrême, sinon une suspension du cours du sang veineux dans le membre antérieur gauche.

Flandrin, dont le nom tient une place honorable dans les fastes de la science, comprit que, pour interrompre sûrement le cours du chyle et de la lymphe, il fallait lier le canal thoracique lui-même près de son insertion. Ce savant vétérinaire lia le canal sur dix chevaux, soit avec des fils cirés, soit avec des fils de plomb. La plupart de ces animaux furent tués quinze jours après l'opération, et l'on trouva

autour du canal lié un engorgement considérable qui se propageait dans la poitrine. L'un d'eux fut conservé deux mois et demi ; son canal s'était cicatrisé et la ligature était tombée.

Les expériences de Flandrin sont loin d'être complètes. Cet expérimentateur s'est assuré que le canal n'était pas double sur les deux premiers de ses chevaux, mais il ne paraît pas avoir recherché si cette disposition se retrouvait chez les autres. Il ne dit pas si le canal était oblitéré sur tous, ou si sa cavité s'était rétablie au niveau de la ligature. Pour le dernier même, dont le canal était cicatrisé et la ligature tombée, il nous laisse ignorer si cette cicatrisation consistait dans l'oblitération du canal vers son insertion, ou si, ce qui est fort différent, elle tenait à la réunion de deux parties que la ligature avait dû séparer et au rétablissement possible de la lumière de ce canal.

Dupuytren répéta plus tard, et sur le cheval même, les expériences précédentes : il lia le canal thoracique à plusieurs chevaux dont les uns moururent au bout de cinq ou six jours, tandis que les autres guérirent. Chez les premiers, les injections ne passaient point de la partie postérieure du canal dans les veines ; chez les seconds, les matières injectées s'arrêtaient au niveau du point lié et parvenaient dans le système veineux par des branches collatérales qui s'ouvraient dans la sous-clavière. En conséquence, il était à croire, d'après cela, que la mort d'une partie des animaux employés aux expériences tenait à ce que le chyle et la lymphe ne pouvaient plus arriver dans les veines, et, d'autre part, que la guérison des derniers résultait du rétablissement du cours de ces fluides par des voies collatérales.

Enfin, Astley Cooper, sur la fin du siècle dernier, et assez récemment MM. Leuret et Lassaigne, firent des tentatives analogues sur le chien. Les animaux auxquels le premier fit la ligature du canal moururent du deuxième au dixième jour, et quelques-uns à la suite de la rupture du canal : un seul se rétablit, grâce à une communication qui existait entre le canal lié et un canal supplémentaire resté libre du côté opposé. Quant à l'expérience que MM. Leuret et Lassaigne répétèrent sur un seul chien, elle est très incomplète. Le carnivore qui en fait le sujet guérit à la suite de la ligature du canal et prit même de l'embonpoint. Il fut tué cinquante-huit jours après l'opération. Les expérimentateurs, l'ayant ouvert, acquirent « la certitude que le canal était unique et qu'il avait été bien lié un peu en avant de la première côte, » et remarquèrent, en outre, que ce canal, de même que la citerne, contenait une petite quantité de chyle. Malheureusement ces physiologistes ne disent pas si le canal était oblitéré à l'endroit où la ligature avait été appliquée, ou bien si sa cavité s'était rétablie. Faute de cette indication, on ne sait si le chyle et la lymphe de leur chien continuaient à arriver dans les veines, ou si ces fluides se trouvaient dans l'impossibilité d'y parvenir. Néanmoins ils tirent de leur expérience cette singulière conclusion, que le chyle absorbé dans l'intestin a passé des chylifères dans les racines de la veine porte ; d'ailleurs ils ne s'inquiètent nullement de la voie que la lymphe a dû suivre pour arriver dans les vaisseaux sanguins.

J'ai, à mon tour, lié le canal thoracique sur un jeune taureau dont le chyle et la lymphe avaient été recueillis par une fistule pendant quatre jours. Le petit rumi-

nant s'est parfaitement rétabli. La plaie des téguments et des muscles se cicatrisa en moins de quinze jours. L'ayant sacrifié à la fin de la septième semaine, je trouvai le canal oblitéré et ses parois épaissies dans une étendue de 5 à 6 centimètres à partir de son insertion : il était simple, mais sa partie restée libre donnait des branches qui allaient s'ouvrir à droite dans les veines, et qui, par conséquent, rendaient le cours du chyle et de la lymphe à peu près aussi libre qu'avant l'opération.

Avec ces richesses apparentes la science reste très pauvre. Toutes les expériences que je viens de rappeler ne peuvent trancher la question de savoir si l'interruption du cours du chyle et de la lymphe entraîne inévitablement la mort, ou si elle est compatible avec la vie. En effet, les expériences de Lower et de Duverney sont trop imparfaites pour entrer en ligne de compte sur ce point; celles de Flandrin ne disent pas si, sur les chevaux qui ont survécu quelques semaines à la ligature du canal, celui-ci était ou non oblitéré, lorsqu'il n'y avait ni canal supplémentaire ni branches collatérales ouvertes directement dans les veines ou anastomosées avec le tronc lymphatique droit ; celles de Dupuytren nous montrent des branches collatérales rétablissant le cours du chyle chez les animaux qui guérissent des suites de l'opération ; celles d'Astley Cooper indiquent la même communication sur le seul animal qui survécut à l'application du lien. Quant à l'expérience de MM. Leuret et Lassaigne, elle ne prouve rien et la mienne ne prouve pas davantage.

Les observations pathologiques relatives à l'oblitération du canal n'ont pas une signification plus précise que les expériences; elles appartiennent toutes à l'espèce humaine. D'après quelques-unes rapportées par MM. Andral et Rayer, il y avait à côté du canal oblitéré un autre canal libre; d'après celle d'Astley Cooper, la partie inférieure seule était obstruée, la supérieure restait libre et recevait des lymphatiques dérivés directement de la cavité abdominale. Cependant l'oblitération aurait été complète dans le cas observé par Cheston et dans quelques autres plus récents ; mais il est probable que cette oblitération totale a dû causer la mort des individus sur lesquels on l'a constatée. Il répugne à l'esprit d'admettre qu'il s'établit, alors, comme Wutzer dit l'avoir observé, des anastomoses entre le canal, au niveau des points où il est encore libre, et la veine azygos. De telles communications établies accidentellement pour parer à l'influence funeste d'une oblitération, seraient chose fort curieuse. Je les crois impossibles, quoique Panizza ait prétendu, assez récemment, qu'elles existaient à l'état normal chez le porc, ce dont je n'ai pu m'assurer par plusieurs injections.

En somme, il n'y a pas dans tout cela un exemple avéré de non-communication entre le système lymphatique et les veines qui ait été compatible avec la vie, au moins pendant un certain temps. Au contraire, dans les cas où la communication a été interrompue entre ces deux ordres de vaisseaux, la mort est survenue plus ou moins rapidement. Les animaux n'ont survécu que dans les cas d'une communication libre effectuée soit par suite du rétablissement du canal lié, soit par le fait d'un canal supplémentaire, ou par celui de branches se portant d'un canal simple dans le tronc lymphatique droit, ou encore directement dans les veines axillaires. En un mot, la vie ne s'est entretenue qu'à la condition de la persistance du cours du chyle et de la lymphe.

Pour en finir sur ce point, il suffit d'une seule expérience qui consiste à lier en masse le canal thoracique simple ou double et le tronc lymphatique droit, de manière qu'il ne parvienne plus un atome de chyle ni de lymphe dans le système veineux. Alors il arrivera nécessairement l'une de ces trois choses : ou la déchirure du canal et l'écoulement total à l'extérieur des deux fluides réparateurs, ou l'oblitération des canaux, ou enfin leur rétablissement. Dans les deux premiers cas la mort sera inévitable, et dans le dernier seul l'animal pourra vivre. Je regrette infiniment de ne pas avoir exécuté cette opération importante, qui eût substitué une solution expérimentale à la solution rationnelle du problème physiologique que je viens d'analyser. Sans cette dernière expérience il sera impossible d'arriver à un résultat décisif, car en pratiquant seulement la ligature du canal comme on l'a fait jusqu'ici, on n'empêche point la lymphe et le chyle d'arriver dans les veines, même quand le canal est simple. Ces deux fluides, arrêtés par la ligature, passent dans le

Fig. 70. Fig. 71.

A, canal thoracique. B, Tronc lymphatique droit. C, D, anastomoses établies entre eux près de leur insertion.

tronc lymphatique droit au moyen des anastomoses C, D (fig. 70 et 71) établies entre les deux canaux, et ils parviennent ainsi à leur destination habituelle.

LIVRE SIXIÈME.

DE LA RESPIRATION.

La digestion a préparé les matériaux étrangers destinés à reconstituer le fluide nutritif; l'absorption les a recueillis et entraînés dans les vaisseaux avec d'autres matériaux qui faisaient déjà partie de l'organisme; une troisième fonction importante va donner à tous ces éléments hétérogènes des propriétés nouvelles, les associer intimement au sang, et imprimer à celui-ci les qualités sans lesquelles il ne peut entretenir la vie, ni servir à la nutrition et aux sécrétions.

Cette dernière fonction, qu'on appelle la *respiration*, est commune aux plantes et aux animaux, et elle se trouve d'autant plus immédiatement nécessaire à la vie que les animaux occupent un rang plus élevé dans l'échelle zoologique. C'est une de celles dont la suspension momentanée détermine rapidement la mort : aussi les anciens physiologistes en faisaient-ils une des trois fonctions vitales.

La respiration s'effectue, dans le règne animal, suivant un grand nombre de modes divers qui peuvent se rapporter, en dernière analyse, à deux types généraux, celui de la *respiration disséminée* et celui de la *respiration localisée*. L'existence de l'un et de l'autre de ces deux types est subordonnée à la présence ou à l'absence d'un système vasculaire plus ou moins complet, ou, ce qui est la même chose, à l'existence ou à la non-existence d'une circulation plus ou moins parfaite. En effet, comme l'a si bien établi G. Cuvier, toutes les fois que le fluide nutritif, disséminé dans toutes les parties, n'est pas renfermé dans un système de vaisseaux qui puisse l'amener au contact de l'air, il faut que cet air aille le chercher partout pour se mettre en rapport avec lui. Au contraire, toutes les fois que le sang est contenu dans des vaisseaux qui peuvent le porter en totalité à la rencontre du fluide vivifiant, la respiration se concentre en un point de l'économie, dans un organe spécial dont la disposition varie à l'infini suivant les classes d'animaux, le milieu dans lequel ils sont appelés à vivre et l'état de l'air qui doit agir sur les liquides nutritifs.

La *respiration disséminée* revêt deux formes bien caractérisées : sous la première, elle se fait dans toute l'étendue de la peau et des membranes muqueuses; sous la seconde, elle s'opère dans des canaux nombreux ramifiés à l'infini par tout le corps. On peut appeler l'une *tégumentaire*, l'autre *trachéenne*.

La *respiration tégumentaire* est propre à la plupart des animaux qui occupent les degrés inférieurs de la série, les polypes, par exemple. L'air à l'état gazeux ou l'air en dissolution dans l'eau agit sur toute l'étendue de la surface de la peau, lorsqu'elle est nue, et à la surface interne des cavités digestives où il pénètre avec les aliments. Ce mode, qui peut convenir aux animaux les plus simples, est restreint à un très petit nombre d'entre eux; cependant il persiste encore, comme complément d'une respiration localisée, chez plusieurs animaux des classes supérieures.

La *respiration trachéenne* est celle qui a lieu par des canaux plus ou moins nombreux ouverts à l'extérieur et ramifiés dans toutes les parties de l'économie. Elle correspond déjà à des rudiments d'un système vasculaire. Certains rayonnés et tous les insectes nous en donnent des exemples. Ainsi chez les holothuries, parmi les échinodermes, il existe à l'intérieur (1) du corps, dont le tégument est plus ou moins coriace, un arbre ramifié et creux qui s'ouvre dans le cloaque. Cet arbre, divisé en deux branches principales, se subdivise en une multitude de ramifications entrelacées avec des vaisseaux et les circonvolutions de l'intestin. Il contient de l'eau qui se renouvelle à mesure que l'exigent les besoins de l'hématose.

Fig. 72.

C'est chez les insectes qu'on trouve, à proprement parler, un véritable système trachéal. Il se compose d'un nombre variable de conduits ouverts à la surface du corps et subdivisés en un nombre infini de branches dans toutes les parties de la tête, du thorax, de l'abdomen, des pattes, des ailes, des antennes, etc. Ces canaux, plus ou moins exigus, reçoivent suivant leurs formes la dénomination de *trachées pulmonaires*, *vésiculaires*, *artérielles*, *tubuleuses*. Ils demeurent distincts les uns des autres ou s'anastomosent entre eux, conservent toujours un très petit diamètre ou se dilatent en certains points pour constituer des vésicules aériennes réparties régulièrement sur les côtés du thorax et de l'abdomen. Leurs orifices, connus sous le nom de *stigmates*, forment, soit des ouvertures libres bordées d'un cercle plus ou moins saillant, soit des bouches garnies de valvules, de plaques criblées ou de cils très fins destinés à mettre obstacle à la pénétration des matières étrangères autres que l'air atmosphérique. Ces trachées reçoivent l'air en nature, par suite du resserrement et du relâchement alternatifs de l'abdomen coïncidant avec le jeu des stigmates (fig. 73).

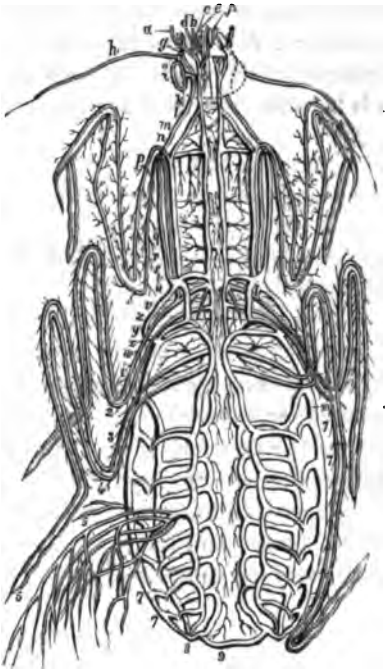
La *respiration localisée*, qui correspond à une circulation à peu près complète, s'effectue dans l'eau par des branchies, et dans l'air par des poumons. Ses deux formes sont la *respiration branchiale* et la *respiration pulmonaire*.

La première s'opère par des productions extérieures ou intérieures, disposées en lames minces ou en filaments déliés qui renferment des vaisseaux sanguins. Ces branchies forment des membranules flottantes et plissées chez les lombrics, des folioles découpées chez les oursins, des feuillets nombreux et rapprochés dans divers mollusques bivalves, des lames minces découpées à leur bord libre dans la plupart des poissons osseux. Elles se présentent sous l'aspect de branches ramifiées ou de pinceaux chez les annélides, de houppes flexibles, d'arbuscules, de panaches, chez quelques mollusques, certains têtards de batraciens et divers poissons.

(1) Arbre respiratoire de l'holothurie, d'après Tiedemann. *a*, organe respiratoire ouvert dans le cloaque *b*; *c*, bouche; *d*, tentacules; *e*, sac contractile uni à l'ensemble du système respiratoire; *f*, organes génitaux; *g*, intestin.

L'eau, qui tient en dissolution l'air nécessaire à l'hématose, est amenée au contact de ces branchies par un mécanisme extrêmement varié suivant les animaux. Dans les poissons, ce liquide pénètre par la bouche dans le pharynx, et vient passer entre les lames des branchies qu'il écarte pour s'échapper à travers la fente qui est en arrière de l'opercule.

Fig. 73 (1).



La *respiration pulmonaire*, qui est constamment aérienne, appartient essentiellement aux animaux supérieurs. Les vésicules aériennes des acalèphes hydrostatiques, les cavités respiratoires des arachnides pulmonaires, sont un acheminement vers l'organisation caractéristique des poumons. Ceux-ci constituent dans les mollusques de simples cavités tapissées par le tégument aminci et devenu plus vasculaire. Ils forment deux vessies dont les parois offrent de petites cellules incomplètes chez les batraciens, un grand sac oblong à parois également cellulaire chez les serpents, et un double sac cloisonné avec des cellules nombreuses dans les tortues. Enfin ils se présentent sous la forme d'organes spongieux à cellules petites et multipliées à l'infini chez les mammifères et les oiseaux ; de plus, chez ces derniers, ils se prolongent dans les cavités des os par des tubes membraneux et dans l'abdomen par de grands sacs à parois transparentes.

La respiration aquatique par les branchies, et la respiration aérienne par les poumons, s'exécutent chez certains animaux tels que les batraciens, la première dans le jeune âge, et la seconde dans les périodes ultérieures. Ainsi le têtard de la grenouille possède aux premières phases de son développement des branchies extérieures libres et frangées; plus tard il a des branchies renfermées dans une cavité sous-jacente à la peau et fixées à des arcs branchiaux mobiles. Pendant que cet appareil transitoire fonctionne, les poumons se développent, et une fois que le reptile a subi ses métamorphoses, les branchies s'atrophient et le poumon entre en action.

Enfin, il est même quelques reptiles, les protées, par exemple, chez lesquels les branchies ne s'atrophient point et conservent leur aptitude à fonctionner après que

(1) Appareil respiratoire de la mante religieuse, d'après Marcel de Serres. *a*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, trachées des palpes maxillaires, des mâchoires, des palpes labiaux, de la lèvre inférieure, des mandibules, des antennes et des yeux; *l*, tronc externe des trachées artérielles; *m*, tronc interne de ces trachées; *n*, tronc des trachées pulmonaires; *p*, trachées de la première paire de pattes; *q*, *r*, *s*, etc., trachées des diverses parties de l'abdomen, des organes génitaux et des pattes.

l'appareil pulmonaire est entré en action, de telle sorte que l'animal peut tour à tour respirer dans l'air et dans l'eau, et par conséquent absorber soit l'oxygène libre, soit l'oxygène en dissolution.

Les divers modes de respiration nous étant connus d'une manière générale, arrivons à l'étude détaillée des nombreux phénomènes de cette fonction et de leurs divers résultats, c'est-à-dire à l'examen : 1° des phénomènes mécaniques de la respiration ; 2° de ses phénomènes chimiques ; 3° de l'action nerveuse sous l'influence de laquelle ils s'opèrent ; 4° enfin du fluide que ces opérations ont rendu propre à la nutrition générale et aux sécrétions.

CHAPITRE XXXVI.

DES PHÉNOMÈNES MÉCANIQUES DE LA RESPIRATION.

Sous ce titre, qu'il ne faut pas prendre à la lettre, les physiologistes désignent les actes par lesquels l'air est amené dans le poumon, puis expulsé de cet organe, dès qu'il y a exercé son action vivifiante sur le sang. Ils consistent dans l'*inspiration*, l'*expiration*, et l'association de ces deux mouvements ; leurs agents appartiennent à trois espèces distinctes. Les premiers, ou les os du thorax, sont passifs ; les seconds, ou les muscles moteurs de ces os, sont actifs ; enfin les derniers, c'est-à-dire les nerfs, sont les régulateurs du jeu de tous les autres.

I. De l'inspiration.

L'*inspiration* est cet acte qui consiste dans la dilatation simultanée des naseaux, du larynx et du thorax destinée à faire affluer dans les poumons la masse d'air nécessaire à l'hématose. Son mécanisme fort compliqué exige une analyse minutieuse que nous allons faire en commençant par la poitrine, dont le jeu détermine essentiellement l'introduction de l'air dans les poumons.

Lors de l'inspiration, le thorax s'agrandit suivant son diamètre transversal par le mouvement des côtes, suivant son diamètre longitudinal par le mouvement du diaphragme, et le poumon, en se dilatant, à son tour, mais passivement, attire l'air extérieur dans les bronches et les vésicules pulmonaires. Il faut voir successivement la part que prennent à ce premier acte les parois costales, le diaphragme et le poumon lui-même.

§ I. — De la dilatation transversale du thorax.

Le thorax des mammifères constitue une cavité conoïde, à sommet antérieur tronqué, à base postérieure et oblique, cavité plus ou moins aplatie latéralement. Sa dilatation transversale se fait par l'écartement des parois latérales qui s'éloignent l'une de l'autre suivant un double mouvement angulaire, le premier ayant pour centre

l'extrémité antérieure de la cavité, le second son bord supérieur ou dorsal : elle résulte du mouvement imprimé aux côtes et à leurs cartilages de prolongement par divers muscles insérés sur ces arcs résistants, flexibles et élastiques.

Les côtes, qui, avec différents muscles, forment les parois latérales de la poitrine, représentent des arcs courbés sur eux-mêmes suivant le sens de leurs faces et celui de leurs bords. Leur courbure essentielle, constante, est celle qui rend leur face interne plus ou moins concave ; leur courbure accessoire et très variable, est celle qui donne une certaine concavité à leur bord antérieur. Les degrés de ces courbures varient dans des limites assez étendues suivant les régions du thorax et les espèces d'animaux.

En général, la première côte est la plus courte, la moins incurvée et la moins inclinée sur le rachis ; les suivantes augmentent progressivement de longueur jusque vers la région moyenne de la cavité thoracique, s'inclinent davantage sur la tige rachidienne et se courbent de plus en plus sur leurs faces et leurs bords. A partir du milieu de la longueur du thorax, elles se raccourcissent insensiblement jusqu'à la dernière, tout en conservant à peu près le maximum d'incurvation.

Les côtes paraissent d'autant plus courbées que les animaux ont le thorax plus court et d'autant plus droites, que cette cavité est plus allongée. Ainsi elles sont très courbées, au point de former presque des demi-cercles dans les cétacés, la baleine par exemple ; elles le sont encore beaucoup chez les morses, les phoques, le lion, l'ours, certaines races de chiens, divers insectivores tels que le hérisson, la taupe, plusieurs rongeurs comme le rat, le castor, le lièvre et le lapin. Elles sont peu courbées chez les carnassiers, qui ont comme le renard le thorax allongé et déprimé sur les côtés, chez le porc, le sanglier, et surtout chez la plupart des ruminants.

Ceux-ci, le bœuf, le buffle, le mouton, la chèvre, ont la moitié antérieure de la poitrine très étroite, aplatie, par suite de la faible incurvation des premières côtes et de leur parallélisme avec le plan médian. La concavité interne de ces arcs osseux ne commence à devenir bien prononcée qu'à partir des dernières sternales. Aussi est-ce seulement à la partie postérieure que la cavité thoracique acquiert un grand diamètre transversal par l'effet de la forte incurvation des côtes et de la projection en dehors de leur partie inférieure.

L'étroitesse et la largeur de la poitrine ne tiennent pas seulement au degré d'incurvation des côtes, elles dépendent aussi, en grande partie, de leur inclinaison sur le rachis, de la longueur et du mode de jonction des cartilages avec le sternum. En effet, le degré de courbure étant le même, les côtes rendront le thorax d'autant plus large qu'elles seront moins verticales, c'est-à-dire qu'elles s'éloigneront davantage du plan représenté par le médiastin. C'est ainsi, par exemple, que les dernières côtes du lièvre et du lapin, sans être plus courbées que les autres, rendent la partie postérieure du thorax très large en s'élevant beaucoup pour se rapprocher de la direction horizontale. Le développement et la direction des cartilages costaux influent notablement sur les dimensions transversales de la cavité. Les mammifères de grande taille, l'éléphant, le rhinocéros, les bœufs, les chevaux, ont les cartilages des côtes sternales très courts et très inclinés latéralement sur le sternum, de manière à rendre le thorax très étroit au niveau de cet os.

La plupart des carnassiers, au contraire, le lion, l'ours, les phoques, ont des cartilages fort longs aux côtes sternales, insérés presque à angle droit sur le sternum et continuant par leur incurvation celle des côtes correspondantes, ce qui rend la poitrine très large en bas et en avant, tout en lui donnant, dans ce point, une forme presque cylindrique.

La longueur du thorax est proportionnée à la longueur même de la région dorsale, c'est-à-dire au nombre des vertèbres de cette région et à celui des côtes; elle dépend encore de la largeur des côtes et de l'étendue des espaces intercostaux. On sait que le dromadaire, le chameau, le lama, n'ont que douze côtes, mais très larges et très espacées; que le bœuf, le cerf, le daim, le mouton, la chèvre, en ont treize dont la largeur est aussi très considérable; que la girafe, le dauphin, le cachalot, le porc, le sanglier, en ont quatorze, l'hippopotame et la baleine quinze, le cheval et les autres solipèdes dix-huit, plusieurs rhinocéros dix-neuf, et l'éléphant vingt. L'étendue longitudinale du thorax, sans être exactement proportionnée au nombre des côtes, est néanmoins dans un certain rapport avec ce nombre. On ne saurait nier que le thorax soit plus court chez le bœuf et les autres ruminants que chez les solipèdes et divers pachydermes, tels que le rhinocéros, l'éléphant et l'hippopotame dont la dernière côte est fort rapprochée de l'ilium. Cette étendue augmente un peu par l'agrandissement des derniers espaces intercostaux et la projection en arrière des dernières côtes, comme on le voit chez le dromadaire, le lièvre, le lapin et beaucoup d'autres animaux dont la dernière côte, dirigée en arrière par son extrémité inférieure, forme avec les vertèbres lombaires un angle plus ou moins aigu.

Les côtes, dont le nombre, la forme, les dimensions, les courbures varient dans des limites si étendues, éprouvent, lors de l'inspiration, deux mouvements simultanés, l'un par lequel elles sont portées en avant, l'autre qui les projette en dehors; de plus, un certain nombre d'entre elles, à partir de la région moyenne du thorax jusqu'à son extrémité postérieure, en éprouvent un troisième qui les élève et tend à les rapprocher de la direction horizontale. Elles jouent de telle sorte qu'en se portant en avant et en dehors, leur face externe tend à devenir antérieure, et leur bord postérieur à devenir externe, pendant que leur extrémité sternale s'élève un peu et s'éloigne de la ligne médiane. Mais ce jeu n'est pas uniforme dans les côtes sternales et les asternales, dans les premières, les moyennes et les dernières.

Les côtes sternales sont évidemment les moins mobiles en raison de leurs dimensions, de la fixité de leurs deux extrémités et de leurs connexions avec les masses musculaires des rayons supérieurs des membres thoraciques. Elles ceignent la région du thorax la plus étroite, celle qui renferme le cœur et qui éprouve le moins de changement dans sa capacité. Les côtes asternales, plus longues, libres à leur extrémité inférieure, tout à fait dégagées des attaches des membres, offrent le maximum de mobilité, d'autant qu'elles ont pour moteurs, indépendamment de leurs muscles propres, le diaphragme et les muscles abdominaux.

La première côte est la plus courte, car elle n'a pas, dans les solipèdes, la moitié de la longueur de celles du milieu du thorax; c'est la moins courbée suivant ses faces et ses bords, la plus large, la plus renflée à ses deux extrémités; c'est elle qui a le cartilage le plus court et les articulations les moins mobiles. Sa tête est profon-

dément enclavée entre les deux premières facettes vertébrales, et son cartilage est intimement uni au sternum et à celui de la première côte opposée. Cette côte, enfin, qui donne attache au scalène, au grand dentelé, à l'angulaire de l'omoplate, au transversal des côtes, devient, par sa fixité à peu près complète, un point sur lequel agissent les muscles qui impriment des mouvements de totalité au thorax.

La seconde côte est un peu plus longue, plus étroite, plus courbée que la première; elle est moins renflée à ses extrémités; son cartilage s'allonge un peu et acquiert une certaine flexibilité; il se joint à la côte sous deux angles, l'un à sinus antérieur, l'autre à sinus interne. La troisième, la quatrième, la cinquième, la sixième et la septième, augmentent progressivement de longueur, de même que leurs cartilages; leur extrémité inférieure s'éloigne de plus en plus de la ligne médiane et élargit ainsi la partie inférieure du thorax. La huitième et la neuvième arrivent au maximum de longueur chez les solipèdes, que nous prenons ici pour type de description; les suivantes diminuent progressivement d'étendue jusqu'à la dix-huitième, dont la longueur dépasse très peu celle de la première. Celles-ci acquièrent une inclinaison en dehors et en arrière de plus en plus prononcée, de sorte qu'un plan vertical qui couperait la poitrine en travers, en partant de la tête d'une des dernières côtes, viendrait rencontrer, non pas l'extrémité inférieure de cette même côte, mais celle de la précédente et souvent celle d'une autre côte encore plus antérieure.

La mobilité des côtes va donc croissant de la première à la dernière. Elle augmente d'avant en arrière dans les côtes sternales en raison : 1° de l'allongement graduel de ses arcs osseux et de leurs cartilages de prolongement; 2° de leur incurvation de plus en plus marquée; elle augmente dans les côtes asternales à mesure qu'elles se dégagent de leurs rapports avec les membres et qu'elles présentent des cartilages de plus en plus souples et flexibles. Néanmoins le déplacement que peuvent effectuer les différentes côtes n'a pas une étendue croissante d'avant en arrière, il se trouve dans les deux tiers postérieurs du thorax assez exactement proportionnel à la longueur même des côtes. L'observation démontre, en effet, que les côtes asternales moyennes sont celles qui éprouvent la projection la plus étendue en avant et en dehors. Les suivantes se déplacent de moins en moins jusqu'à la dernière, qui, chez les solipèdes, s'élève et s'abaisse un peu par son extrémité inférieure, tout en conservant sensiblement le même degré d'éloignement de l'angle externe de l'ilium.

Quels que soient, du reste, le degré de mobilité de chacune des côtes, l'étendue et le sens du déplacement qu'elles éprouvent, ces arcs, en se projetant en dehors et en avant, s'écartent les uns des autres de manière à agrandir les espaces intercostaux et à éloigner l'un de l'autre les deux hypochondres. Le fait devient sensible sur les chevaux émaciés, à peau fine, dont les espaces intercostaux sont fortement creusés, surtout quand la respiration est profonde et gênée. Il devient non moins manifeste sur le chien, qui respire avec une extrême difficulté après la section des nerfs vagues ou seulement des laryngés inférieurs. Pour démontrer et mesurer cet écartement des côtes, je me suis servi d'un petit appareil qui consiste en deux tiges métalliques pouvant s'implanter perpendiculairement sur deux côtes. L'une de ces tiges porte à son extrémité libre une traverse étroite dirigée suivant l'axe

de la côte ; l'autre porte une aiguille graduée, coudée à angle droit et dirigée transversalement à l'axe des côtes. Or, la première tige implantée dans une côte et la seconde dans la côte suivante, on voit, lors de l'inspiration, les deux tiges s'écarter, puis se rapprocher lors de l'expiration. L'aiguille qui passe sur la traverse montre que l'écartement s'élève à plusieurs millimètres et quelquefois jusqu'à un demi-centimètre. Pour rendre ces oscillations plus sensibles, on place les tiges sur deux côtes qui en laissent une ou deux dans l'intervalle. Alors l'écartement, doublant ou triplant suivant le nombre des espaces intercostaux compris entre les deux parties de l'appareil, devient très manifeste.

L'application successive de celui-ci en divers points démontre : 1° Que l'écartement augmente d'avant en arrière jusqu'à l'antépénultième espace intercostal; 2° qu'il est à son maximum aux onzième, douzième, treizième, quatorzième espaces, et moindre dans les trois derniers; 3° enfin que, pour un espace donné, l'écartement est à son minimum vers le rachis et va en croissant jusque vers l'extrémité inférieure de la côte, c'est-à-dire vers l'hypochondre. Mais toutes ces nuances ne peuvent être appréciées sans le secours d'une minutieuse expérimentation répétée plusieurs fois et sur des animaux placés dans des conditions diverses.

Il est facile de comprendre comment le mouvement éprouvé par les côtes, dans l'inspiration, agrandit le diamètre transverse de la poitrine. Borelli en a donné une explication saisissante en disant que des arcs inclinés sur un plan circonscrivent entre eux et ce plan des espaces d'autant plus considérables que leur inclinaison diminue davantage. Mais la dilatation du thorax, envisagée dans son ensemble, est plus compliquée que ne semble l'indiquer le théorème de Borelli. Elle s'effectue de telle sorte que les parois thoraciques éprouvent un double mouvement angulaire. D'une part, les parois costales s'écartent d'un côté à l'autre, comme le feraient les branches d'un compas placé horizontalement, la charnière en avant. D'autre part, et en même temps, elles s'écartent comme les branches d'un autre compas placé verticalement, la charnière en haut, sur la ligne des vertèbres. Enfin, elles s'éloignent l'une de l'autre, de telle sorte que les parois costales, représentant les deux côtés d'une ellipse, ces deux côtés se courbent davantage vers le milieu, et par conséquent agrandissent plus ou moins le diamètre transverse de cette ellipse.

En somme, le jeu des côtes, qui consiste essentiellement en une double projection de ces arcs en avant et en dehors, est loin d'être uniforme pour toutes. Ses variations principales établissent une division nette entre les deux moitiés du thorax. L'antérieure, circonscrite par une ceinture complète, formée en haut par les vertèbres, en bas par le sternum et latéralement par les côtes sternales, engagée entre les rayons supérieurs des membres thoraciques et les masses musculaires qui les joignent au tronc, se dilate très peu. La postérieure, tout à fait dégagée de connexions avec les membres, circonscrite seulement en partie par les côtes asternales très mobiles et fermée inférieurement par le diaphragme, réunit au plus haut degré les conditions de dilatabilité ; c'est elle aussi qui prend la plus grande part aux changements de volume éprouvés par le thorax dans la respiration. A part cette différence essentielle, le mouvement des côtes est le même dans toute l'étendue du thorax. Celles-ci paraissent se projeter simultanément en avant et en dehors, et non d'une manière successive, comme l'avait prétendu Haller.

Ainsi jouent les côtes dans l'acte de l'inspiration. Je passe sous silence les idées de Haller, de Sabatier et de M. Magendie, en ce qui concerne le mécanisme du déplacement de ces os, car elles n'ont trait qu'au thorax humain, dont je n'ai point à m'occuper, et j'arrive à rechercher quelles sont les puissances musculaires qui déterminent ce jeu compliqué.

Parmi les muscles qui meuvent les côtes, il en est qui s'attachent à toutes ou à la plupart d'entre elles et qui servent constamment à l'inspiration; d'autres qui se fixent à quelques-unes seulement et ne servent qu'aux inspirations profondes et dans certaines conditions qui ne sont pas ordinaires. Les premiers sont : les sus-costaux, les intercostaux, l'intercostal commun, le petit dentelé antérieur; les autres sont : le grand dentelé de l'épaule, le scalène, le grand dorsal de quelques animaux.

Les sus-costaux sont de tous les muscles moteurs des côtes ceux qui contribuent de la manière la plus évidente à l'inspiration. Ces petits muscles, qui chez les solipèdes occupent la partie supérieure des quatorze derniers espaces intercostaux, sont plutôt des faisceaux de renforcement des intercostaux externes que des muscles spéciaux, mais ils ont ceci de particulier que l'une de leurs attaches, c'est-à-dire l'antérieure, est absolument fixe, car elle a lieu aux apophyses transverses des vertèbres dorsales. L'obliquité de leurs fibres et leur insertion au bord antérieur et à la face externe de la côte qui suit leur origine ont pour conséquence inévitable d'entraîner cette côte en avant et de lui faire éprouver un léger mouvement de semi-rotation, lorsque ces muscles se contractent. Ces sus-costaux, quoique petits, sont dans des conditions assez avantageuses : le centre de leur insertion étant à 6 ou à 8 centimètres de la tête de la côte qu'ils meuvent, le bras de levier de leur puissance a une longueur qui dépasse la moyenne que les bras de cette force ont généralement dans l'économie animale.

Les sus-costaux, ayant chacun un point d'attache fixe, quel que soit l'état des côtes et des autres muscles du thorax, pourraient, à la rigueur, agir indépendamment les uns des autres, si l'action isolée de quelques-uns d'entre eux était nécessaire; mais rien ne fait supposer que certains de ces muscles agissent lorsque les autres sont dans le relâchement. Leur absence dans les trois premiers espaces intercostaux s'explique par le peu de mobilité des premières côtes, surtout à leur partie supérieure.

Les intercostaux, distingués en externes et en internes, sont généralement considérés comme les agents essentiels des mouvements des côtes; mais les physiologistes n'ont pu parvenir à se mettre d'accord sur leur mode d'action. Il en est qui font l'un de ces muscles inspirateur, l'autre expirateur; d'autres, comme Haller et Borelli, qui les font tous les deux inspirateurs; et plusieurs qui prétendent que ces intercostaux sont alternativement inspirateurs et expirateurs.

Les intercostaux externes, toujours plus larges que les espaces qu'ils concourent à fermer, car ils se propagent à la face externe des côtes, après s'être attachés sur leurs bords, sont plus épais vers l'extrémité supérieure des arcs costaux que vers leur partie inférieure. Leurs fibres sont toutes obliques de haut en bas et d'avant en arrière, et leur surface extérieure est recouverte d'une couche aponévrotique dont les fibres propres ont aussi la même direction. Ces intercostaux n'ont pas,

comme les muscles précédents, une attache fixe : leurs deux attaches sont mobiles, mais inégalement, l'antérieure moins que la postérieure.

L'inégale mobilité des deux côtes sur lesquelles se fixe un intercostal, et l'inégale longueur des leviers que ces deux os donnent à la puissance intermédiaire, ont pour conséquence de rendre le mouvement de la seconde côte plus étendu que celui de la première. En effet, il est évident, d'une part, que la côte antérieure est moins mobile que la postérieure, et, d'autre part, que le bras de levier offert à la puissance de l'intercostal est moins long pour la côte antérieure que pour la postérieure, puisque les fibres s'insèrent plus près de l'articulation vertébro-costale sur la première que sur la seconde. Or, dans de telles conditions, la seconde doit être entraînée vers la première ; elle doit effectuer vers celle-ci la plus grande partie du mouvement dérivé de la contraction du muscle intercostal.

Le fait de la contraction des intercostaux externes lors de l'inspiration semble impliquer, de toute nécessité, un rapprochement entre les deux extrémités des muscles, et partant un rapprochement des côtes et une diminution de largeur des espaces intercostaux. Cependant l'observation et les expériences démontrent qu'à ce moment les côtes s'écartent et les espaces intercostaux s'élargissent. Comment concevoir alors que cet écartement des côtes soit le résultat de l'action des intercostaux ? Il y a ici une difficulté sérieuse que le raisonnement et l'expérimentation ne paraissent pouvoir lever. En effet, il est incontestable, en premier lieu, que les espaces intercostaux s'élargissent lors de l'inspiration, et, en second lieu, que les muscles intercostaux se tendent, deviennent fermes et que leurs fibres se redressent pendant cet acte, mais il est impossible de reconnaître nettement, à la vue et au toucher, si la tension des intercostaux est le résultat de leur contraction, ou si elle est la conséquence de l'écartement des côtes.

Les intercostaux internes, généralement considérés comme les congénères des externes, doublent ceux-ci dans toute l'étendue des espaces intercostaux. Ils sont minces en haut, dans les points où les externes offrent leur plus grande épaisseur, plus épais en bas où les externes sont minces ; ils ferment presque à eux seuls la partie inférieure des espaces laissés entre les côtes et leurs cartilages de prolongement. Leurs fibres sont obliques en sens inverse de celles des autres, c'est-à-dire de haut en bas et d'arrière en avant ; elles agissent conséquemment sur des leviers dont le bras de la puissance est plus long à la côte antérieure qu'à la postérieure. Haller a rassemblé un grand nombre d'arguments pour démontrer que ces muscles agissent dans l'inspiration et que leur action est identique avec celle des intercostaux externes. Tout porte à croire qu'ils ne peuvent avoir un rôle différent de celui de ces derniers. On les voit se tendre, et leurs fibres se redresser pendant l'inspiration, lorsqu'ils sont mis à découvert. Mais on ne sait si l'on doit alors attribuer leur tension à leur contraction ou à l'écartement des côtes. Peut-être cet écartement, si difficile à concilier avec la contraction des intercostaux, pourrait-il s'expliquer par l'action simultanée de ces deux ordres de muscles dont les fibres se croisent en X. Les fameuses disputes de Haller et de Hamberger n'ont point résolu le problème, les dissertations des mathématiciens et les recherches des expérimentateurs lui ont laissé toute son obscurité.

L'intercostal commun est un muscle très développé chez les carnivores, les

solipèdes, les ruminants, et qui paraît prendre une grande part au mouvement des côtes dans l'inspiration. Étendu d'une extrémité du thorax à l'autre, en travers des côtes et au niveau de leur quart supérieur, il se compose d'une succession de languettes libres et tendineuses inférieurement, lesquelles sont toutes obliques de bas en haut et d'avant en arrière. La première se fixe à l'apophyse transverse de la dernière vertèbre cervicale, et la dernière, unie à l'ilio-spinal, va s'attacher aux apophyses transverses des vertèbres lombaires. Ses dix languettes antérieures sont plus larges, plus fortes et mieux isolées que les dernières, qui sont étroites et peu distinctes. Elles sont toutes disposées de telle sorte qu'à partir de leur origine à une côte, elles passent sur une, deux, trois côtes plus postérieures, pour s'attacher à celle qui vient ensuite. Chacune d'elles prend son origine au bord postérieur d'une côte par des fibres tendineuses, et va s'insérer au bord antérieur d'une autre par des fibres charnues mêlées à quelques fibres aponévrotiques.

Si l'on considérait l'intercostal commun comme un muscle simple et agissant en masse, on lui attribuerait sans hésitation le rôle d'expirateur, car ces deux extrémités étant absolument fixes, il semble devoir nécessairement tendre à déprimer les côtes et à rendre rectiligne la paroi costale convexe sur laquelle il s'étend transversalement. Mais, pour bien apprécier les effets de sa contraction, il faut l'envisager comme constitué par une série de petits muscles qui agissent isolément sur les côtes, sans perdre pour cela la faculté d'agir simultanément, comme si le muscle était simple. Or, le premier faisceau, qui part de la première côte, va se fixer sur la quatrième qu'il tire en avant; le second, qui part de la seconde côte, va s'attacher sur la cinquième qu'il tire dans le même sens, et ainsi de suite; seulement le dernier, se fixant sur l'ilio-spinal et les apophyses transverses des vertèbres lombaires, reste sans action utile à l'inspiration. Il est à remarquer que ces faisceaux se trouvent dans des conditions bien plus avantageuses que s'ils se fixaient d'une côte sur la côte suivante. La disposition qu'ils présentent établit une très grande différence entre la mobilité de leur attache antérieure et celle de leur attache postérieure; car la quatrième côte que meut le premier faisceau est beaucoup plus mobile que la première, et la cinquième, qui meut le second faisceau, l'est plus que la seconde, etc. Cependant il est une circonstance qui fait perdre à la force effective des faisceaux de l'intercostal commun une partie de l'avantage qu'ils acquéraient par la disposition précédente. Leur attache à la côte antérieure étant à 6 ou 7 centimètres plus loin de l'articulation que ne l'est leur attache à la côte postérieure, il en résulte qu'ils agissent sur celle-ci par un levier plus court que sur la première. Très probablement la différence de mobilité compense, et au delà, ce désavantage réel.

L'action de l'intercostal commun, qu'il est difficile de déduire rationnellement de la disposition physique de ce muscle, n'est pas aisément appréciable par le secours de l'observation directe et des expériences.

Lorsqu'on examine ce muscle, à travers la peau, sur un cheval très maigre dont la respiration est un peu gênée, on voit, au moment de l'inspiration, la saillie qu'il forme s'affaisser, et les creux qui circonscrivent ses bords, l'interne surtout, s'effacer plus ou moins complétement. Dans l'expiration le muscle devient saillant, semble se rétrécir et s'éloigner de la ligne médiane, et il se forme entre lui et l'ilio-spinal un sillon assez profond. S'il est mis à découvert par une incision faite à la peau et

aux petits dentelés, on le voit dans l'inspiration s'aplatir et augmenter de largeur, et ses faisceaux attirés d'arrière en avant ; mais alors sont-ce les faisceaux qui entraînent les côtes, ou les côtes qui entraînent les faisceaux? Ce qu'il y a de certain, c'est que le muscle est fortement tendu pendant l'inspiration véhémente de l'effort et tant que celui-ci dure, car le doigt engagé sous le muscle, dans un espace intercostal, est alors très comprimé. Après la mort, l'excitation du muscle le fait se rétrécir et se gonfler, mais elle ne détermine pas une contraction assez énergique pour mettre en mouvement les côtes : si elle était assez puissante pour produire ce résultat, elle donnerait le meilleur moyen de déterminer le rôle de ce muscle, puisque, dans cette circonstance, tous les autres agents de la respiration seraient inactifs. En somme, je suis porté à considérer l'intercostal commun comme un inspirateur, tout en conservant à cet égard quelques doutes fondés sur le rétrécissement et le gonflement qu'il éprouve sur le cadavre quand il vient à être irrité, changements de tous points semblables à ceux qu'il subit sur l'animal vivant lors de l'expiration. Quant à lui attribuer le double office d'inspirateur et d'expirateur suivant que son plan superficiel ou son plan profond entrerait en action, ce serait reproduire une supposition gratuite basée sur une disposition anatomique qui n'existe pas, car le plan profond qui croiserait en X le superficiel est une pure fiction.

Le petit dentelé antérieur ou dorso-costal est un autre muscle inspirateur dont le rôle est des plus évidents. Né par une large aponévrose au sommet des apophyses épineuses des vertèbres dorsales, il descend à la surface de l'ilio-spinal et de l'intercostal commun, puis se divise en sept ou huit dentelures charnues, assez minces, qui s'insèrent à la surface des côtes, de la sixième à la treizième, un peu au-dessous du bord externe de l'intercostal. Ses fibres et ses digitations elles-mêmes étant fortement obliques de haut en bas et d'avant en arrière, agissent presque perpendiculairement sur les côtes qu'elles tirent en avant. Leur direction très avantageuse et leur long bras de levier donnent à la puissance qu'elles déploient une intensité plus grande que ne semble l'indiquer leur développement assez peu considérable. Quand ce muscle est mis à découvert sur l'animal vivant, le cheval, par exemple, on le voit se mouvoir sensiblement, lors de l'inspiration, sans qu'on puisse constater nettement si ce mouvement dépend de sa contraction, ou s'il est le résultat de celui des côtes. Tout ce qu'on peut voir alors, c'est que sa tension devient très forte et que les bords d'une taillade superficielle faite en travers de ses fibres s'écartent un peu dans les inspirations véhémentes. Cependant Sibson l'a vu se contracter sur l'âne et sur le chien.

Il est à noter que ce muscle, proportionnellement plus développé que le dentelé postérieur chez le chien, commence à se fixer plus intimement sur les côtes que dans les grands quadrupèdes, car sa première dentelure s'attache à la quatrième. On conçoit, du reste, que dans aucun il ne s'étende sur les premières côtes, si peu mobiles et couvertes par les implantations du grand dentelé de l'épaule dans les points où le dorso-costal devrait prendre les siennes.

Le scalène doit être rangé dans le groupe des muscles inspirateurs, bien que chez un grand nombre d'animaux, notamment les grands mammifères, il ne contribue aucunement à la dilatation du thorax. Dans les solipèdes, il procède des quatre dernières vertèbres cervicales et vient se terminer à la première côte, dont la mo-

bilité est insignifiante : aussi ne peut-il chez ces animaux, lorsqu'il a son point fixe supérieur, que servir à fixer davantage cette première côte et contribuer au mouvement de projection du thorax en avant. Mais pour beaucoup de mammifères il en est bien autrement. Chez le bœuf, parmi les grands ruminants, il y a en réalité deux scalènes : l'inférieur, à peu près semblable à celui des solipèdes, se termine au bord antérieur de la première côte ; le supérieur, très long, élargi inférieurement, descend à la surface externe de l'angulaire de l'omoplate et du grand dentelé de l'épaule, et vient enfin se fixer à la quatrième côte sur laquelle il agit principalement, car ses attaches aux trois premières sont nulles ou peu intimes. Chez le chien ce muscle est énorme : sa partie charnue, aplatie, s'étend sous l'épaule au bord inférieur du grand dentelé, jusque vers le milieu du thorax, et s'attache aux première, deuxième, troisième, quatrième, cinquième et sixième côtes, puis elle se continue au delà par une aponévrose mince insérée sur la septième, la huitième et souvent sur la neuvième côte. Evidemment, dans de telles conditions, le scalène est un inspirateur puissant en raison de son volume, de la fixité absolue de ses attaches antérieures, de sa direction presque perpendiculaire aux côtes, et enfin de la longueur considérable des bras de levier que lui offrent ces arcs osseux, bras de levier qui dépassent la moitié de la distance qui existe entre les vertèbres dorsales et le sternum.

On conçoit parfaitement la très grande utilité de ce muscle inspirateur énergique pour les côtes antérieures, les plus difficiles à mouvoir et pour lesquelles l'action des intercostaux et du dentelé antérieur eût été insuffisante. On comprend, de même, l'avantage que ce muscle tire de la longueur si considérable des bras offerts à sa puissance par des leviers du troisième genre.

Les sus-costaux, les intercostaux, l'intercostal commun, le petit dentelé antérieur et le scalène forment la série des muscles essentiellement inspirateurs. Ils s'adjoignent, à titre d'auxiliaires, et dans quelques circonstances particulières, deux autres muscles dont le rôle principal est étranger à la respiration ; ces deux muscles sont le grand dentelé de l'épaule et le grand dorsal.

Le grand dorsal, qui s'épanouit à la surface des neuf premières côtes chez les solipèdes et les ruminants, doit évidemment, quand son point fixe est à l'épaule, attirer en dehors les côtes sternales si difficiles à mouvoir. Il peut d'autant mieux produire ce résultat qu'il est d'un volume énorme, et que la grande distance qui sépare les articulations vertébro-costales de ses insertions lui donne des bras de levier d'une longueur peu commune. Sans doute il ne peut prendre part à l'inspiration que pendant la station verticale, alors que les membres, solidement appuyés sur le sol, donnent de la fixité à ses attaches scapulaires.

L'intervention de ce muscle est certainement un très utile auxiliaire des puissances inspiratrices chargées de mouvoir les côtes, dont le jeu exige les plus grands efforts. Peut-être joue-t-il un rôle plus important que d'habitude quand la respiration devient si profonde et si pénible, chez les grands animaux qui se tiennent debout, les membres antérieurs écartés, pendant le cours de certaines affections de poitrine.

Quant au grand dorsal, il ne peut concourir à l'inspiration que chez certains animaux, tels que le bœuf, chez lequel il prend des attaches spéciales sur l'avant-dernière, et la dernière côte, à la condition toutefois que son point fixe sera au membre

antérieur appuyé sur le sol. A part cette circonstance, il contribue à l'expiration, soit qu'il ait un point fixe à l'épine dorso-lombaire ou à l'humérus, et il produit cet effet en déprimant légèrement les côtes sur lesquelles il passe.

§ XI. — De la dilatation longitudinale du thorax.

En même temps que le diamètre transverse du thorax s'agrandit, dans l'inspiration, par le jeu des côtes et de leurs muscles moteurs, le diamètre antéro-postérieur de cette cavité augmente par la contraction du diaphragme.

Ce large muscle constitue une cloison mince, aponévrotique à son centre, charnue à sa circonférence, et fermant complétement en arrière la cavité thoracique. Ses piliers, plus ou moins développés suivant les animaux, se présentent sous la forme de deux énormes faisceaux musculaires qui partent de la partie inférieure du corps des vertèbres lombaires et viennent se terminer vers le milieu du centre aponévrotique. Sa zone périphérique, entièrement musculeuse, se fixe à la face interne de la dernière côte, aux hypochondres et à la face supérieure de l'appendice abdominal du sternum. Enfin, sa partie aponévrotique, connue sous le nom de *centre phrénique* ou *tendineux*, réunit les piliers à la partie charnue périphérique. Son obliquité, généralement très marquée, est plus ou moins considérable suivant les animaux, mais elle ne peut rien faire préjuger sur la capacité du thorax, car elle dépend des rapports de longueur qui existent entre le sternum et la région dorsale ; elle est très grande quand l'étendue de la région dorsale dépasse de beaucoup celle du sternum, comme on le voit dans les solipèdes ; elle se réduit, au contraire, à son minimum lorsque ces deux parties arrivent, ainsi que dans le chien et le renard, à des proportions peu différentes. Les deux lois opposées que l'on a établies à cet égard n'ont ni l'une ni l'autre aucune valeur, car elles manquent toutes les deux de bases réelles et anatomiques.

Le diaphragme en état de relâchement est fortement porté en avant et très convexe à sa face antérieure. Lors de l'inspiration, il se contracte, devient moins bombé du côté du thorax, se retire en arrière et refoule dans ce sens les viscères abdominaux : en un mot, il augmente la capacité du thorax en diminuant celle de l'abdomen ; mais son action, toute simple qu'elle paraît, comporte diverses particularités dont l'analyse doit nous arrêter quelques instants.

Le premier effet de la contraction des fibres charnues du diaphragme est de diminuer la courbure de cette cloison et de tendre à la rendre parfaitement plane. Fontana et Haller croyaient même que ce muscle pouvait alors quelquefois devenir convexe du côté de la cavité abdominale. Ici l'observation n'est pas tout à fait d'accord avec les déductions rationnelles qui découlent de la disposition anatomique propre à cette cloison. Non-seulement alors le diaphragme ne devient pas convexe du côté de la cavité abdominale, mais il n'arrive pas même à décrire une surface plane.

En effet, il suffit d'examiner attentivement le diaphragme d'un cheval, d'un bœuf ou d'un mouton dont les parois abdominales ont été incisées, pour voir que ce muscle, pendant la respiration ordinaire, les efforts les plus violents, ne parvient jamais à effacer complétement la concavité de sa face postérieure, et cependant, à

de certains moments, ses contractions acquièrent une énergie extraordinaire et poussent avec violence les viscères à travers l'ouverture de la cavité. C'est là un fait incontestable dont j'ai pu maintes fois vérifier l'exactitude sur plusieurs animaux d'espèces différentes. Sa cause paraît être, en partie du moins, dans la résistance opposée par les viscères abdominaux et dans les connexions établies, du côté du thorax, entre le diaphragme, la veine cave postérieure et le médiastin.

La résistance opposée par l'estomac, l'intestin et les autres viscères de l'abdomen est évidemment très considérable, surtout quand ces organes sont distendus, et en particulier chez les ruminants, dont les réservoirs gastriques ont une masse et un poids énormes ; mais elle n'est pas la seule, car sur l'animal auquel on a ouvert le ventre et refoulé en arrière l'estomac et l'intestin, le diaphragme ne peut encore devenir rectiligne ; il se rapproche seulement beaucoup plus de cette direction que dans les conditions normales. Peut-être la veine cave postérieure, tendue entre le cœur et le centre phrénique, contribue-t-elle à restreindre la projection en arrière de la partie moyenne du diaphragme. Toutefois si elle concourt à un tel résultat, ce ne peut être que dans des limites assez restreintes. La nature n'a pu être assez imprévoyante pour opposer un frein si peu résistant aux mouvements de l'un des muscles les plus énergiques de l'économie.

La contraction du diaphragme ne détermine pas, dans tous les animaux, un agrandissement uniforme du diamètre antéro-postérieur du thorax. Il est à cet égard, même parmi nos espèces domestiques, des différences remarquables qui résultent principalement du mode d'insertion de ce muscle à la face interne des hypochondres et des côtes asternales.

Chez le cheval, les autres solipèdes, de même que chez les carnassiers et la plupart des mammifères, le diaphragme est modérément refoulé vers le thorax, et inséré directement sur les hypochondres et la dernière côte ; il remonte, par sa périphérie, très peu au-dessus de l'articulation des côtes avec leurs cartilages de prolongement.

Chez le bœuf, la disposition de ce muscle diffère sensiblement de celle qui lui est habituelle dans la plupart des autres animaux. Outre qu'il y est fortement poussé du côté du thorax, et très convexe à sa face antérieure, il s'insère, par sa circonférence, sur la dernière et l'avant-dernière côte, sur l'hypochondre et l'extrémité inférieure des côtes asternales, bien au-dessus de leur articulation avec les cartilages de prolongement, surtout au niveau des postérieures. Néanmoins l'insertion du diaphragme sur l'avant-dernière côte ne part que du niveau de l'extrémité libre des apophyses transverses des vertèbres lombaires.

Cette disposition remarquable est telle : 1° que le dernier espace intercostal, très large dans tous les ruminants, ne correspond ni à la plèvre ni au poumon, si ce n'est tout à fait à la partie supérieure ; 2° que l'avant-dernier est aussi en rapport seulement avec le diaphragme, sur une hauteur de 20 à 25 centimètres, à partir de l'hypochondre ; 3° que l'antépénultième est aussi fermé par ce muscle sur une hauteur de 2 décimètres, et ainsi en diminuant pour les espaces plus antérieurs. La partie centrale de la cloison, qui est à peu près à l'extrémité inférieure des piliers ou à l'ouverture œsophagienne, est si reportée en avant, qu'elle devient tangente à un plan vertical qui correspondrait à la sixième, ou tout au moins à la

antérieur appuyé sur le sol. A part cette circonstance, il contribue à l'expiration, soit qu'il ait un point fixe à l'épine dorso-lombaire ou à l'humérus, et il produit cet effet en déprimant légèrement les côtes sur lesquelles il passe.

§ II. — De la dilatation longitudinale du thorax.

En même temps que le diamètre transverse du thorax s'agrandit, dans l'inspiration, par le jeu des côtes et de leurs muscles moteurs, le diamètre antéro-postérieur de cette cavité augmente par la contraction du diaphragme.

Ce large muscle constitue une cloison mince, aponévrotique à son centre, charnue à sa circonférence, et fermant complétement en arrière la cavité thoracique. Ses piliers, plus ou moins développés suivant les animaux, se présentent sous la forme de deux énormes faisceaux musculaires qui partent de la partie inférieure du corps des vertèbres lombaires et viennent se terminer vers le milieu du centre aponévrotique. Sa zone périphérique, entièrement musculeuse, se fixe à la face interne de la dernière côte, aux hypochondres et à la face supérieure de l'appendice abdominal du sternum. Enfin, sa partie aponévrotique, connue sous le nom de *centre phrénique* ou *tendineux*, réunit les piliers à la partie charnue périphérique. Son obliquité, généralement très marquée, est plus ou moins considérable suivant les animaux, mais elle ne peut rien faire préjuger sur la capacité du thorax, car elle dépend des rapports de longueur qui existent entre le sternum et la région dorsale ; elle est très grande quand l'étendue de la région dorsale dépasse de beaucoup celle du sternum, comme on le voit dans les solipèdes ; elle se réduit, au contraire, à son minimum lorsque ces deux parties arrivent, ainsi que dans le chien et le renard, à des proportions peu différentes. Les deux lois opposées que l'on a établies à cet égard n'ont ni l'une ni l'autre aucune valeur, car elles manquent toutes les deux de bases réelles et anatomiques.

Le diaphragme en état de relâchement est fortement porté en avant et très convexe à sa face antérieure. Lors de l'inspiration, il se contracte, devient moins bombé du côté du thorax, se retire en arrière et refoule dans ce sens les viscères abdominaux : en un mot, il augmente la capacité du thorax en diminuant celle de l'abdomen ; mais son action, toute simple qu'elle paraît, comporte diverses particularités dont l'analyse doit nous arrêter quelques instants.

Le premier effet de la contraction des fibres charnues du diaphragme est de diminuer la courbure de cette cloison et de tendre à la rendre parfaitement plane. Fontana et Haller croyaient même que ce muscle pouvait alors quelquefois devenir convexe du côté de la cavité abdominale. Ici l'observation n'est pas tout à fait d'accord avec les déductions rationnelles qui découlent de la disposition anatomique propre à cette cloison. Non-seulement alors le diaphragme ne devient pas convexe du côté de la cavité abdominale, mais il n'arrive pas même à décrire une surface plane.

En effet, il suffit d'examiner attentivement le diaphragme d'un cheval, d'un bœuf ou d'un mouton dont les parois abdominales ont été incisées, pour voir que ce muscle, pendant la respiration ordinaire, les efforts les plus violents, ne parvient jamais à effacer complétement la concavité de sa face postérieure, et cependant, à

de certains moments, ses contractions acquièrent une énergie extraordinaire et poussent avec violence les viscères à travers l'ouverture de la cavité. C'est là un fait incontestable dont j'ai pu maintes fois vérifier l'exactitude sur plusieurs animaux d'espèces différentes. Sa cause paraît être, en partie du moins, dans la résistance opposée par les viscères abdominaux et dans les connexions établies, du côté du thorax, entre le diaphragme, la veine cave postérieure et le médiastin.

La résistance opposée par l'estomac, l'intestin et les autres viscères de l'abdomen est évidemment très considérable, surtout quand ces organes sont distendus, et en particulier chez les ruminants, dont les réservoirs gastriques ont une masse et un poids énormes ; mais elle n'est pas la seule, car sur l'animal auquel on a ouvert le ventre et refoulé en arrière l'estomac et l'intestin, le diaphragme ne peut encore devenir rectiligne ; il se rapproche seulement beaucoup plus de cette direction que dans les conditions normales. Peut-être la veine cave postérieure, tendue entre le cœur et le centre phrénique, contribue-t-elle à restreindre la projection en arrière de la partie moyenne du diaphragme. Toutefois si elle concourt à un tel résultat, ce ne peut être que dans des limites assez restreintes. La nature n'a pu être assez imprévoyante pour opposer un frein si peu résistant aux mouvements de l'un des muscles les plus énergiques de l'économie.

La contraction du diaphragme ne détermine pas, dans tous les animaux, un agrandissement uniforme du diamètre antéro-postérieur du thorax. Il est à cet égard, même parmi nos espèces domestiques, des différences remarquables qui résultent principalement du mode d'insertion de ce muscle à la face interne des hypochondres et des côtes asternales.

Chez le cheval, les autres solipèdes, de même que chez les carnassiers et la plupart des mammifères, le diaphragme est modérément refoulé vers le thorax, et inséré directement sur les hypochondres et la dernière côte ; il remonte, par sa périphérie, très peu au-dessus de l'articulation des côtes avec leurs cartilages de prolongement.

Chez le bœuf, la disposition de ce muscle diffère sensiblement de celle qui lui est habituelle dans la plupart des autres animaux. Outre qu'il y est fortement poussé du côté du thorax, et très convexe à sa face antérieure, il s'insère, par sa circonférence, sur la dernière et l'avant-dernière côte, sur l'hypochondre et l'extrémité inférieure des côtes asternales, bien au-dessus de leur articulation avec les cartilages de prolongement, surtout au niveau des postérieures. Néanmoins l'insertion du diaphragme sur l'avant-dernière côte ne part que du niveau de l'extrémité libre des apophyses transverses des vertèbres lombaires.

Cette disposition remarquable est telle : 1° que le dernier espace intercostal, très large dans tous les ruminants, ne correspond ni à la plèvre ni au poumon, si ce n'est tout à fait à la partie supérieure ; 2° que l'avant-dernier est aussi en rapport seulement avec le diaphragme, sur une hauteur de 20 à 25 centimètres, à partir de l'hypochondre ; 3° que l'antépénultième est aussi fermé par ce muscle sur une hauteur de 2 décimètres, et ainsi en diminuant pour les espaces plus antérieurs. La partie centrale de la cloison, qui est à peu près à l'extrémité inférieure des piliers ou à l'ouverture œsophagienne, est si reportée en avant, qu'elle devient tangente à un plan vertical qui correspondrait à la sixième, ou tout au moins à la

septième côte, et qui couperait la cavité thoracique en deux moitiés de même longueur. La saillie si prononcée que le diaphragme fait dans la cavité thoracique peut être facilement constatée sur l'animal vivant, en engageant le bras à travers une fistule pratiquée au rumen, et à l'aide de laquelle le doigt, parvenu au cardia, peut aisément toucher à la sixième côte. Lorsqu'elle s'exagère, par suite du développement énorme que le rumen acquiert dans les météorisations, elle réduit tellement la capacité du thorax, qu'elle entraîne souvent l'asphyxie. Il est à noter qu'elle n'est pas le résultat du volume que prennent les réservoirs gastriques des animaux dès qu'ils font usage d'aliments solides, car elle existe déjà pendant la vie fœtale.

Dans le dromadaire, le diaphragme n'est plus disposé comme dans le bœuf, mais à peu près comme dans le cheval ; seulement ses piliers, excessivement forts et très allongés, comme ils le sont du reste dans notre grand ruminant domestique, descendent très bas au milieu du centre phrénique.

Quelles que soient ses variétés de forme et d'insertion, le diaphragme, lors de l'inspiration, tend à devenir rectiligne par le fait de la contraction de ses piliers et de sa zone périphérique, mais il n'arrive jamais à effacer complétement sa courbure, et reste toujours à un niveau supérieur au bord libre des hypochondres. En se portant en bas et en arrière, il refoule les viscères intestinaux dans ce sens, fait descendre le ventre, et remplit plus ou moins ce qu'on appelle le creux du flanc chez les grands mammifères. Le mouvement que son action communique à l'abdomen est si marqué chez un certain nombre d'animaux, que plusieurs auteurs ont donné à la respiration de ceux-ci l'épithète d'*abdominale*, la croyant produite principalement par le jeu du diaphragme.

La contraction du diaphragme aurait pour effet, suivant quelques observateurs, outre l'agrandissement antéro-postérieur du thorax, l'écartement des dernières côtes, et par conséquent la dilatation transversale de la cavité thoracique à sa partie postérieure. Ce dernier résultat mérite d'être examiné avec quelque attention.

Galien rapporte, dans ses *Administrations anatomiques*, que, après avoir paralysé les intercostaux, les dentelés et les autres muscles moteurs des côtes par la section de leurs nerfs, il a vu le diaphragme, lors de l'inspiration, porter en dehors les dernières côtes, et élargir ainsi la partie postérieure de la poitrine. Vésale dit également que le diaphragme, par sa contraction, détermine l'écartement des dernières côtes asternales. Enfin, de nos jours, M. Magendie et M. Duchenne, entre autres, reproduisent la même assertion, qui a le mérite avant tout d'être très paradoxale.

M. Duchenne (1), négligeant avec raison l'expérience de Galien, qu'on venait de modifier de la façon la plus singulière en coupant les grands dentelés, les pectoraux, les scalènes, et en incisant les six derniers intercostaux dans toute leur longueur avec la plèvre correspondante, a provoqué de violentes contractions du diaphragme sur les animaux vivants ou récemment tués, en excitant les nerfs phréniques par des courants électriques. Ainsi, ayant mis en rapport avec chaque nerf phrénique d'un chien vivant les réophores d'un appareil d'induction à courant très intense, il a vu les côtes de la moitié postérieure du thorax s'élever

(1) *Recherches électro-physiologiques, etc., sur le diaphragme*, p. 13. Paris, 1853.

et se porter en dehors, à tel point que le diamètre transversal de la poitrine devint en arrière à peu près une fois plus grand qu'auparavant. Pendant tout le temps que le courant passa dans les nerfs phréniques, les muscles abdominaux se contractèrent violemment d'une manière non interrompue, et les hypochondres demeurèrent modérément soulevés. Sur des chiens et des chevaux qu'on venait de tuer, l'électrisation des nerfs phréniques, préalablement dénudés, déterminait avec la contraction du diaphragme l'élévation des côtes postérieures, leur projection en dehors, le soulèvement des parois abdominales, en un mot l'agrandissement du diamètre transverse de la poitrine au niveau des dernières côtes asternales.

L'auteur de ces expériences en a conclu que la contraction du diaphragme a pour résultat, outre l'agrandissement du diamètre antéro-postérieur de la poitrine, l'élargissement de la partie postérieure de cette cavité par l'élévation et la projection en dehors des dernières côtes asternales. Il s'est fait illusion. Le phénomène qu'il a constaté, après Galien, Vésale, M. Magendie et d'autres encore, a été mal interprété : il n'est pas et ne peut pas être l'effet immédiat de la contraction du diaphragme.

Déjà Borelli, dont la manière de voir a été adoptée par Haller, a démontré mathématiquement que le diaphragme, en se contractant, doit seulement agrandir le diamètre longitudinal de la poitrine, et tendre à resserrer la partie postérieure de cette cavité. Borelli a raison : le diaphragme qui se contracte augmente l'étendue du thorax suivant le sens antéro-postérieur ; il resserrerait en même temps la partie postérieure de cette cavité, s'il agissait seul, indépendamment des autres puissances respiratrices ; mais il ne peut produire ce dernier résultat à cause de l'action simultanée des divers inspirateurs et de la réaction des viscères abdominaux.

Lorsqu'on fait passer un courant électrique par les nerfs diaphragmatiques d'un animal vivant, le courant fait contracter évidemment le diaphragme, mais il n'empêche pas les muscles inspirateurs de se contracter en même temps et d'élever les côtes ; il paraît même, peut-être par une action réflexe, exercer une influence notable sur ces derniers, car dans les expériences on a vu, lors de la convulsion du diaphragme, les côtes s'élever et se porter en avant sur toute la longueur du thorax. Or, dès l'instant que les autres inspirateurs se contractent simultanément avec le diaphragme, et que même ils se contractent parfois avec plus de force, il n'est pas très rationnel d'attribuer à ce diaphragme le mouvement exécuté par les dernières côtes. En second lieu, sur l'animal mort dont l'abdomen est ouvert et les viscères abdominaux retirés de leur cavité, la contraction énergique du diaphragme ne produit plus ni l'élévation des dernières côtes, ni leur projection en avant, preuve évidente que ce mouvement des côtes n'est nullement l'effet immédiat de la contraction du diaphragme.

L'élévation des dernières côtes et l'élargissement de la partie postérieure de la poitrine, lors de la contraction du diaphragme, tiennent sur l'animal vivant à deux causes, dont la première est l'action normale ou l'action surexcitée des autres muscles inspirateurs, la seconde la réaction des viscères abdominaux qui, étant refoulés en arrière et en dehors, tendent à écarter les hypochondres et la partie inférieure des dernières côtes. Ce double effet dérive sur le cadavre de la seule réaction, sur les hypochondres et les dernières côtes, des viscères abdominaux re-

foulés. Aussi est-il moins sensible sur le dernier que sur l'animal vivant, de l'aveu même des expérimentateurs. Il serait même presque insignifiant sur le cheval, si je m'en rapportais à mes propres expériences, dans lesquelles les contractions convulsives du diaphragme étaient provoquées seulement par l'irritation simple des nerfs phréniques. La preuve qu'il en est bien ainsi, c'est que, une fois le ventre ouvert et les viscères abdominaux enlevés, les plus violentes contractions du diaphragme, non-seulement ne portent plus les côtes postérieures en avant et en dehors, mais les tirent en dedans et rétrécissent un peu la base du thorax. Si les auteurs qui ont attribué au diaphragme une part considérable dans l'élargissement de la poitrine avaient un peu réfléchi à ces diverses considérations, ils auraient senti le néant d'une opinion qu'on regrette de voir défendue par de judicieux physiologistes.

L'agrandissement du diamètre longitudinal du thorax par la projection du diaphragme en arrière, lors de l'inspiration, ne saurait être exactement mesuré, car il varie suivant le caractère de la respiration, les espèces d'animaux, et paraît différer au centre du muscle de ce qu'il est au niveau de ses zones de plus en plus excentriques. Mais, à part ces nuances peu importantes, cet agrandissement prend une grande part à l'ampliation totale qu'éprouve le thorax lors de l'inspiration, comme on peut en juger par l'étendue des mouvements de l'abdomen sur un grand nombre d'animaux, tels que le cheval, par exemple, dont le flanc reproduit exactement toutes les modifications apportées au rhythme de la respiration. Cependant il ne faudrait pas croire qu'en raison de l'importance de son jeu, le diaphragme ne puisse cesser d'agir sans apporter une gêne considérable dans l'accomplissement des phénomènes mécaniques de la respiration. En effet, Galien, qui le premier eut l'idée de paralyser ce muscle par la section des nerfs phréniques, avait déjà remarqué qu'après cette section la respiration continuait avec de très légères modifications; et beaucoup d'expérimentateurs parmi les modernes ont fait des observations analogues. Ayant aussi pratiqué sur le cheval la résection des deux nerfs diaphragmatiques au bord inférieur des scalènes, je me suis assuré: 1° que la respiration n'était sensiblement ni plus lente, ni plus accélérée que dans les circonstances ordinaires; 2° que les mouvements des parois latérales du thorax ne s'exagéraient que dans des proportions à peine sensibles; 3° enfin que le ventre s'élevait dans l'inspiration, que le creux du flanc se remplissait, et que sa corde devenait saillante dans l'expiration, dernières remarques déjà faites par les anciens physiologistes. *A priori*, on aurait cru que le jeu des parois costales dût être considérablement augmenté pour parer au défaut de dilatation du thorax, suivant le sens antéro-postérieur.

§ III. — De la dilatation du poumon et des autres parties de l'appareil respiratoire.

Pendant que la cavité du thorax s'agrandit d'un côté à l'autre par le jeu des parois costales, et d'avant en arrière par suite de la contraction du diaphragme, le poumon se dilate aussi et aspire dans sa cavité une quantité plus ou moins considérable d'air atmosphérique. Le mécanisme de sa dilatation et de celle des canaux qui amènent l'air dans cet organe mérite d'être étudié avec quelques détails.

D'abord le poumon remplit exactement la cavité des plèvres, et occupe dans le

thorax la totalité de l'espace que lui laissent le cœur, la trachée, l'œsophage et les gros vaisseaux. Il ne laisse entre lui et la face interne de la double cavité pleurale qu'un espace infiniment petit, contenant un peu de sérosité destinée à humecter la surface du poumon, celle des parois costales, du diaphragme et du médiastin, de sorte qu'on peut dire qu'il se trouve en contact avec les parois de la cavité qui le renferme. Le fait est démontré par une expérience très simple, facile à exécuter sur un grand mammifère, et qui consiste à mettre la plèvre à découvert dans un espace intercostal, en enlevant les deux muscles qui la recouvrent. On voit ainsi très distinctement le poumon en contact immédiat avec la membrane séreuse, et, en enlevant avec précaution des segments d'une ou de deux côtes, préalablement isolées de la plèvre à l'aide du doigt, on s'assure, sur une plus grande étendue, de la réalité de ce contact. Le même moyen, appliqué sur le cadavre en plusieurs points du thorax, conduit à une semblable démonstration.

Le contact établi entre le poumon et les parois de la cavité thoracique est immédiat. Il n'y a ni air, ni aucun autre gaz entre le viscère et la face interne des parois pectorales. L'erreur de Galien et des anciens physiologistes, qui croyaient à la présence de l'air dans le sac des plèvres, a été mise en évidence depuis longtemps par cette expérience de Haller, dans laquelle le thorax, ouvert sous l'eau, ne laisse pas échapper la moindre bulle de gaz.

La dilatation que le poumon éprouve lors de l'inspiration dérive de la dilatation même du thorax. Ce viscère creux, qui remplit exactement tout l'espace non occupé par les autres viscères pectoraux, sans laisser le moindre vide entre sa surface externe et la surface interne de la cavité, doit toujours rester en contact avec les parois de celle-ci, et par conséquent les suivre lorsqu'elles s'écartent. Or au moment où la cavité thoracique s'agrandit, la cavité du poumon se dilate, il y a tendance à la formation d'un vide dans son intérieur; l'air et la vapeur qui s'y trouvent se raréfient, et aussitôt l'air extérieur pénètre dans les cavités nasales, le larynx, la trachée, les bronches et les vésicules pulmonaires, pour rétablir, ou plutôt pour maintenir l'équilibre entre la pression extérieure et la pression intérieure. C'est là un simple phénomène physique, qui s'accomplit dans l'organisme absolument comme dans les machines inertes.

Cette dilatation du poumon est donc passive; mais on se demande si l'organe n'y prend pas quelque part en vertu de sa propre activité. Les anciens croyaient, et plusieurs observateurs modernes croient encore à une faculté par laquelle le poumon contribuerait activement à l'ampliation de sa cavité. On cite à l'appui plusieurs faits dans lesquels le poumon aurait continué à se dilater, bien que la poitrine fût largement ouverte, soit par l'incision du diaphragme, l'enlèvement du sternum, ou de quelques muscles intercostaux; mais ces faits ne paraissent pas parfaitement observés et appréciés à leur juste valeur.

Lorsque le thorax est ouvert largement d'un seul côté, sur un animal dont les deux plèvres ne communiquent pas ensemble par de petites ouvertures au médiastin, le poumon correspondant s'affaisse et cesse de se dilater à chaque inspiration, mais celui du côté opposé continue à fonctionner; de plus ce dernier, dont l'action s'exagère en raison même de l'étendue et de la rapidité qu'acquièrent les mouvements du thorax, se dilate plus que d'habitude, et refoule le médiastin du côté du poumon

affaissé, de manière à agrandir le sac pleural dont la cavité est demeurée intacte. Lorsque, au contraire, la cavité thoracique n'est ouverte que dans une étendue très limitée, le poumon correspondant ne s'affaisse pas complétement; l'air s'engouffre par l'ouverture à chaque inspiration et en est repoussé avec violence en certaine quantité à chaque expiration, et souvent avec une petite partie du poumon qui vient faire hernie à travers la plaie. Il arrive même, comme je l'ai vu plusieurs fois sur le cheval, que le thorax ait de chaque côté une ouverture grande comme la main, sans que les poumons s'affaissent immédiatement. Les animaux parviennent alors souvent à se tenir debout et à entretenir pendant cinq, dix minutes et plus, une respiration devenue extrêmement pénible. Dans ces circonstances, les poumons continuent à se dilater, non pas en vertu d'une faculté expansive qui leur soit propre, mais bien parce qu'ils se maintiennent en rapport ou en contact immédiat dans une partie de leur étendue avec les parois du thorax. Ils s'affaissent à mesure que l'air envahit la cavité des plèvres, et qu'il s'interpose entre le viscère et la face interne de ces membranes. Enfin, dans les cas où le thorax est très largement ouvert, les poumons s'affaissent complétement et se trouvent dans l'impossibilité absolue de se dilater d'une manière sensible, comme Haller en avait déjà fait la remarque. Les poumons, ne jouissant d'aucune propriété expansive qui leur soit propre, se dilatent donc passivement lors de l'inspiration; ils ne font que suivre, grâce à l'extensibilité de leur tissu, les parois thoraciques à mesure qu'elles s'écartent, et c'est par la pression atmosphérique exercée de dedans en dehors que cette extensibilité du tissu pulmonaire est mise en jeu.

Le poumon, bien qu'il soit en contact immédiat avec les parois costales, diaphragmatique et médiastine, ne conserve pas, en se dilatant, exactement les mêmes rapports avec les parties qu'il touche; il se meut, il glisse plus ou moins sur elles, de telle sorte qu'un point quelconque de la surface pulmonaire correspond successivement à divers points des parois thoraciques. Le fait de ce déplacement est rendu manifeste à l'aide d'une expérience très simple, qui consiste à enlever, sur une étendue de 1 ou 2 décimètres, les muscles qui remplissent quelques espaces intercostaux, et même, si l'on veut, un segment d'une ou de deux côtes, dont la face interne a été préalablement isolée de la plèvre. La transparence de la membrane séreuse permet alors de voir le poumon glisser avec une certaine rapidité à la face interne des parois thoraciques. Les vaisseaux qui rampent à l'extérieur du viscère donnent à l'observateur des points de repère qui lui permettent de juger de l'étendue et du sens des déplacements.

Le mouvement opéré par le poumon sur les parois internes du thorax est facilité par le poli et l'humidité des surfaces. Il est très marqué à la région diaphragmatique, au niveau des dernières côtes et au-dessus des hypochondres. Lors de l'inspiration, le bord postérieur du poumon se porte en arrière et vient se mettre en contact avec le point de jonction de la dernière côte avec le diaphragme; le bord inférieur de cet organe descend et vient de même s'appliquer à la réunion de la partie périphérique du diaphragme avec l'hypochondre et l'extrémité inférieure des côtes asternales. Au contraire, lorsque l'expiration s'effectue, le bord postérieur du poumon se porte en avant, s'éloigne de la dernière côte; le bord inférieur s'élève de même, de telle sorte que le diaphragme vient s'appliquer dans une étendue très

appréciable sur les parties des parois costales que le viscère a abandonnées. Ces derniers changements sont plus étendus sur les grands ruminants que sur le cheval et les animaux carnivores. Ils deviennent, ainsi que tous les autres, très bornés sur les sujets dont le poumon adhère en plusieurs points aux parois thoraciques.

La part que prennent à l'inspiration le thorax et le poumon nous étant connue, cherchons à déterminer celle des organes qui amènent l'air au foyer de l'hématose.

Pendant que le thorax se dilate et que le poumon agrandit ses innombrables cavités pour appeler l'air extérieur, les ouvertures des cavités nasales, le larynx et les bronches se dilatent aussi pour donner passage au fluide qui va pénétrer dans les cellules pulmonaires. Le jeu de ces parties, si accessoire qu'il paraisse, n'en est pas moins admirable jusque dans ses plus minces détails.

L'entrée des cavités nasales, appelée *narines* dans la plupart des animaux, et connue sous le nom de *naseaux* dans les solipèdes, se présente sous des formes extrêmement variées, suivant les espèces. Elle est constituée par deux ouvertures qui sont étroites et peu dilatables chez les animaux incapables de supporter des courses prolongées et rapides, tandis qu'elles sont larges et susceptibles d'une ampliation considérable chez les animaux coureurs, à respiration très étendue. Ces deux ouvertures sont constamment béantes et disposées de manière à ne pouvoir jamais se fermer, si ce n'est chez les phoques, les cétacés et l'hippopotame, dont la respiration doit se suspendre sous l'eau.

Chez les solipèdes les naseaux se dilatent très sensiblement lors de l'inspiration : l'aile interne se soulève, se porte un peu en dedans et se rapproche ainsi de l'aile interne de la narine opposée ; l'aile externe remonte et se projette en dehors ; enfin les deux commissures s'éloignent l'une de l'autre. Elles exécutent ces mouvements par l'action du transversal du nez, du pyramidal des naseaux, du petit sus-maxillo-nasal, et de la branche antérieure du sus-naso-labial. L'interne est mue principalement par le premier de ces muscles, l'externe par le second et le quatrième et la fausse narine par le troisième.

Cette dernière, propre au cheval, à l'âne, au mulet, à l'hémione, au couagga, au dauw et au zèbre, forme une cavité analogue à un cornet placé entre l'épine nasale et le biseau du petit sus-maxillaire, cornet dont le fond est en haut et l'entrée un peu au-dessus de la commissure interne des ailes du nez. Elle se dilate à peine dans les inspirations ordinaires, mais son entrée s'élargit sensiblement, et sa paroi externe forme un relief conique, un peu courbé, très saillant dans les inspirations profondes, principalement sur les animaux affectés de la pousse et sur ceux qui flairent ou qui hennissent ; sa dilatation est presque permanente dans le tétanos, et devient considérable après la section des nerfs vagues. Alors, si la tête est convenablement relevée, on voit son entrée s'agrandir un peu ; le doigt s'y trouve à l'aise, et sa paroi interne s'éloigne de la cloison cartilagineuse à chaque inspiration, tandis que le contraire a lieu à chaque expiration. La projection en dehors de la paroi interne de cette fausse narine se voit très bien encore quand on a fendu sa paroi externe en deux lambeaux maintenus écartés. Nous verrons plus tard que la fausse narine, qui est fixée aux prolongements cartilagineux et muqueux des cornets, se gonfle aussi dans l'expiration, lorsque l'expulsion de l'air à travers les naseaux est rapide ou gênée par une cause quelconque.

La dilatation des naseaux est isochrone avec celle du thorax; la première ne semble point précéder la seconde, comme on pourrait le croire au premier abord. Son étendue est parfaitement en harmonie avec celle de la cavité thoracique : elle est peu considérable dans les inspirations ordinaires, augmente à mesure que la respiration devient profonde ou qu'elle s'accélère; enfin cette dilatation continue à s'effectuer sur les chevaux dont la trachée est ouverte, sur ceux dont ce conduit est complétement fermé, bien qu'alors elle soit tout à fait inutile. On sait, depuis les expériences de Legallois, que le jeu des narines persiste aussi un certain temps chez les animaux dont la moelle allongée a été coupée en travers, en arrière de l'origine des pneumogastriques, comme sur la tête des animaux décapités. La section d'un nerf facial paralyse la narine correspondante, et celle de deux nerfs de la septième paire les paralyse toutes les deux, et les laisse dans l'état d'affaissement qu'elles présentent sur le cadavre.

La dilatation qu'éprouvent les narines lors de l'inspiration n'apporte aucun changement dans le diamètre des cavités nasales que l'air doit traverser avant de parvenir au pharynx et au larynx. Ces cavités, ayant leurs parois osseuses, ne peuvent ni s'agrandir, ni se resserrer. L'inspiration ne fait que mettre en mouvement la colonne d'air qui les remplit, et renouveler dans de faibles proportions celui qui est emprisonné dans les circonvolutions des cornets, des nombreuses volutes ethmoïdales et dans les cavités des sinus. L'air des sinus est appelé vers les parties profondes de l'appareil respiratoire, puis remplacé à mesure et lentement par l'air qui vient du dehors. Le fait de ce déplacement est rendu manifeste sur le cheval et le bœuf par la trépanation des sinus frontaux ou des sinus maxillaires. Pour bien l'apprécier, on détache un petit disque osseux au-dessus des sinus, de manière à laisser intacte, ou à peu près, la fine muqueuse qui correspondait au fragment d'os enlevé : alors à chaque inspiration la membrane se déprime ou devient concave en dehors. Si l'on n'a pu réussir à conserver la muqueuse, on rabat sur l'ouverture du trépan le lambeau de peau, qui est attiré vers la cavité du sinus dans l'inspiration, puis légèrement soulevé et refoulé dans l'expiration. Enfin, si le lambeau cutané n'est ni assez mince, ni assez souple pour ressentir nettement le déplacement effectué dans les sinus, on place vers l'ouverture une plume extrêmement fine à barbules flottantes, ou un petit pinceau de duvet, qui sont attirés encore dans l'inspiration et repoussés au mouvement opposé. Le phénomène est aussi manifeste à l'ouverture pratiquée au milieu de la corne d'un bœuf qu'à celle de la partie inférieure du sinus frontal, surtout si l'on expérimente sur des animaux dont la respiration a été gênée par la section des nerfs vagues ou par une autre cause.

Le pharynx, que traverse la colonne d'air appelée dans les poumons, doit être naturellement maintenu dilaté lors de l'inspiration. Si sa cavité est un peu rétrécie par le gonflement de sa muqueuse, comme dans l'angine, par le fait de l'engorgement des parties adjacentes, la réplétion des poches gutturales, le passage de l'air est gêné quand la respiration s'accélère et donne lieu à un bruit particulier plus ou moins intense.

Cet air, une fois parvenu dans la cavité pharyngienne, ne passe point dans la bouche, dit-on, à cause de l'abaissement du voile du palais et de l'application de son bord libre, chez plusieurs animaux, à la base de l'épiglotte ; mais il n'a nulle

tendance à passer dans la cavité buccale, et se dirige seulement vers les parties profondes de l'appareil respiratoire où sa tension est moindre et sa pression diminuée, car il n'y vient pas, lors même que le voile du palais est relevé. Au contraire, dans cette circonstance, si la bouche est ouverte, l'air extérieur qui y pénètre est attiré vers le pharynx comme celui des cavités nasales, et va de même concourir à l'hématose. Tout le monde sait que la plupart des carnassiers, le chien, le loup et beaucoup de ruminants respirent par la bouche et par les narines, après une course rapide ou pendant des exercices pénibles. Le cheval et les autres solipèdes dont les muscles élévateurs du voile du palais sont peu développés, les fosses nasales très larges et les naseaux extrêmement dilatables, respirent rarement de cette manière; néanmoins cela leur arrive en quelques circonstances, notamment lors de la compression ou de la section des nerfs pneumogastriques.

Le larynx prend part à l'inspiration par la dilatation active de la glotte et par un mouvement de totalité presque insensible dans les circonstances ordinaires, mais très marqué pour peu que la respiration devienne pénible.

L'ouverture de la glotte, c'est-à-dire la fente allongée qui se trouve comprise antérieurement entre les deux cordes vocales et postérieurement entre les deux aryténoïdes, est plus étroite, abstraction faite de la forme, que la trachée-artère. Si elle se rétrécit d'une manière continue par suite du gonflement inflammatoire de ses parties molles ou de leur infiltration, ou de la compression exercée sur l'organe par l'engorgement des parties adjacentes, si elle perd plus ou moins complétement la faculté de se dilater par l'effet de l'atrophie partielle des muscles laryngiens si fréquente dans les solipèdes, par celui de la compression ou de la section, soit des récurrents, soit des nerfs vagues, il en résulte pour le passage de l'air une gêne considérable qui se traduit pendant les marches rapides et les exercices un peu pénibles par un sifflement particulier connu sous le nom de *cornage*. Cette ouverture étroite a donc besoin d'être agrandie à chaque inspiration, et elle l'est effectivement. Il suffit, pour s'assurer de sa dilatation, d'enlever, sur le cheval, la lame fibreuse qui ferme l'échancrure inférieure du cartilage thyroïde, de manière à apercevoir le bord inférieur des cordes vocales et la fente oblongue qu'elles circonscrivent. Par cette expérience on voit, pour peu que la respiration devenue pénible exagère le jeu du larynx, que le ruban vocal et l'aryténoïde d'un côté s'éloignent du ruban vocal et de l'aryténoïde opposés. L'inverse se produit nécessairement lors de l'expiration. Quant au mouvement de totalité, il est rendu sensible par la gêne que la section d'un nerf pneumogastrique apporte à la respiration. Alors, à chaque fois que l'ouverture de la bouche s'agrandit et que les naseaux se dilatent, le larynx s'abaisse ou s'éloigne de la base du crâne. Au contraire, à chaque fois que la cavité buccale se ferme un peu et que les naseaux se rétrécissent, le larynx s'élève. Cet organe s'abaisse donc dans l'inspiration, s'élève dans l'expiration, et ses mouvements de totalité sont isochrones à ceux de la bouche, des naseaux et de la glotte.

Il serait curieux de savoir si l'aire de la glotte ainsi dilatée arrive à acquérir l'étendue de celle de la trachée, ou, en d'autres termes, s'il peut passer en un temps donné autant de fluide par l'ouverture du larynx qu'il en passe en un temps égal par un segment de trachée de même longueur. Très probablement ces quantités sont les

mêmes pour des segments du tuyau respiratoire de longueur semblable, seulement la vitesse du courant est accrue dans les parties rétrécies et ralentie dans les parties dilatées.

L'air, après avoir franchi l'ouverture laryngienne, arrive au tube trachéal dont la longueur et le diamètre ne paraissent pas subir de variations considérables, si ce n'est par l'action de causes étrangères au mécanisme de la respiration.

La trachée, lors de l'inspiration, livre un large passage à l'air. La disposition anatomique, la résistance et les propriétés de ses cerceaux la tiennent constamment béante, et ne lui permettent pas de se déprimer ou de s'affaisser sur elle-même par la pression atmosphérique, au moment où la tension des fluides intérieurs est diminuée, comme elle le ferait nécessairement si ses parois étaient membraneuses. Le plan charnu qui existe à sa partie postérieure ne peut jouer aucun rôle dans l'inspiration, parce qu'il est disposé de manière à réduire le diamètre du tube dès qu'il vient à se contracter.

Quant aux bronches, il est certain qu'elles se dilatent lors de l'inspiration, et d'autant plus qu'elles sont plus déliées; mais leur dilatation, étrangère aux fibres charnues qui entrent dans leur structure, est purement passive, comme celle du poumon dont le volume s'agrandit à mesure que la cavité qui le contient augmente de capacité.

Tel est le jeu des différentes parties qui prennent part à l'inspiration; il ne nous reste plus, pour achever l'analyse de cet acte, qu'à rechercher les changements de forme éprouvés par le thorax, l'étendue métrique de la dilatation suivant les différents diamètres de la cavité et la quantité d'air qui a été ingérée.

Les modifications de forme que le thorax subit en se dilatant sont à peine sensibles dans la respiration calme de la plupart des animaux. Le cône déprimé latéralement, qu'il représente chez les solipèdes et les ruminants, devient plus bombé dans le même sens, surtout vers le milieu et vers la partie postérieure; sa base oblique s'élargit à mesure que les côtes asternales se portent en dehors, et que les hypochondres s'écartent l'un de l'autre; enfin, de convexe qu'elle était d'abord, elle devient à peu près plane lorsque la contraction du diaphragme a atteint ses dernières limites.

L'agrandissement des deux diamètres de cette cavité peut être apprécié approximativement par divers moyens. Celui du diamètre transverse se mesure assez bien par une longue aiguille métallique implantée perpendiculairement, vers le tiers inférieur de la onzième ou de la douzième côte, aiguille graduée en avant de laquelle on maintient, à une faible distance de la poitrine, une tige verticale appuyée sur le sol par un petit support. Dès que l'animal est immobile, l'expérimentateur voit, par l'étendue de l'oscillation de l'aiguille, quelle est la somme du mouvement de l'une des parois latérales du thorax. En doublant cette somme, on obtient exactement l'augmentation totale du diamètre transversal de la poitrine. Cette augmentation, qui est moindre en avant et en haut de la région costale, représente tout au plus pour chaque côté 3 à 4 centimètres dans la respiration calme du cheval; elle s'élève à peine à un chiffre double, quand la respiration est gênée, et elle ne le dépasse jamais.

Quant à l'agrandissement du diamètre antéro-postérieur, il est beaucoup plus considérable. Ce dernier est constant dans tous les mammifères suivant

une ligne tirée du centre phrénique du diaphragme au niveau de la première côte ; mais il ne l'est pas suivant une autre ligne tirée de la première à la dernière côte.

L'augmentation du diamètre longitudinal par le fait de la projection du diaphragme en arrière ne peut guère être mesurée que sur les animaux dont l'abdomen est ouvert. Alors en faisant passer par l'appendice xiphoïde une tige parallèle au diaphragme et appuyée en haut sur l'articulation de la dernière côte avec le rachis, on peut, à l'aide d'une règle graduée, voir de quelle étendue le diaphragme se rapproche de la tige dans l'inspiration et de quelle étendue il s'en éloigne dans l'expiration. Or, on trouve, par ce procédé, que chez le cheval l'agrandissement moyen du diamètre antéro-postérieur du thorax équivaut à une longueur de 10 à 12 centimètres.

Un second procédé consiste à mesurer l'amplitude des oscillations du diaphragme chez les ruminants à travers une fistule faite au premier estomac, en arrière de la dernière côte, fistule assez grande pour que l'opérateur y engage aisément la main ; mais celui-ci n'est pas susceptible d'une grande exactitude.

Quant à l'appréciation des changements que le diamètre longitudinal du thorax éprouve suivant une ligne droite tirée de la première à la dernière côte, elle est extrêmement facile. Elle s'obtient à l'aide d'une tige métallique graduée, coudée sur elle-même à angle droit et implantée sur l'angle externe de l'ilium, de manière que sa partie libre horizontale vienne passer en dehors de la dernière côte. Sur le cheval ce petit appareil montre que la dernière côte, qui se porte très peu en dehors à chaque inspiration, ne se projette pas sensiblement en avant, de telle sorte qu'elle reste presque toujours à la même distance de l'angle externe de l'ilium : elle s'en éloigne au plus de 1 à 2 centimètres chez les chevaux poussifs. Sur le chien, dont la respiration est rendue profonde après un léger exercice consécutif à la section d'un nerf vague, la dernière côte se projette fortement en avant, comme on le voit du reste très bien sans le secours d'instruments de précision. Il résulte donc de ces faits que le diamètre antérieur postérieur du thorax, mesuré de la première à la dernière côte, n'éprouve dans l'inspiration aucun changement sensible chez le cheval, tandis qu'il diminue notablement chez le chien.

La quantité d'air qui entre dans le poumon dilaté à chaque inspiration est assez difficile à déterminer en ce qui concerne les animaux ; néanmoins elle peut être précisée, même avec quelque rigueur, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des procédés et à des calculs compliqués.

Un premier moyen à employer consiste à adapter exactement à la trachée, coupée en travers, un tube flexible, mais non susceptible de s'affaisser, pourvu d'un robinet sur un point de sa longueur, et pouvant être engagé par son extrémité libre sous une cloche graduée, pleine d'air, maintenue sur une cuve à eau. L'appareil étant ainsi disposé, et après qu'une expiration vient d'être effectuée, on ferme le robinet et l'on fait arriver rapidement l'extrémité du tube sous la cloche, puis on ouvre ce robinet qu'on ferme subitement aussitôt l'inspiration achevée ; après quoi le tube, retiré de dessous la cloche, est maintenu ouvert pour permettre à l'animal de respirer librement. En répétant un certain nombre de fois cette opération à des intervalles plus ou moins rapprochés, on obtient séparément les quantités d'air ingérées à chaque inspiration, et par leur somme

on trouve une moyenne exacte. Les extrêmes, c'est-à-dire les minima et les maxima, sont donnés isolément avec la même précision par les éléments mêmes de la moyenne. Par ce procédé, je me suis assuré qu'il pénètre dans les poumons du cheval, à chaque inspiration ordinaire, de 1 litre à 1 litre et demi d'air ramené à la température de + 15 degrés centigrades et à la pression de $0^m,76$. La méthode suivante est moins exacte.

Le thorax d'un animal qui vient de mourir étant dans l'état où il se trouve normalement à l'instant de l'expiration, le poumon doit conserver dans son intérieur une quantité d'air égale à celle qu'il garde une fois que l'expiration est accomplie. Or, pour connaître cette quantité, on adapte à la trachée du cheval mort un tube aboutissant dans une cloche pleine d'eau à 40 degrés centigrades, et renversée sur un réservoir également plein d'eau à la même température. Quand tout est ainsi disposé, on fait une ouverture de chaque côté de la poitrine; le poumon s'affaisse et chasse dans la cloche l'air qu'il renfermait, et dont le volume doit être immédiatement déterminé avant que la température du fluide ait pu changer. Cette première opération achevée, on enlève quelques côtes des deux côtés du thorax, on retire les viscères abdominaux qui gênent le déplacement du diaphragme, puis on insuffle le poumon jusqu'au moment où il a rempli exactement le thorax et rendu la surface diaphragmatique aussi plane que possible; enfin, à l'aide du tube employé précédemment, on fait passer sous une cloche l'air qui a distendu le poumon. La différence qui existe entre la première quantité et la seconde représente approximativement, en volume, la température et la pression étant égales de part et d'autre, la quantité de fluide que le poumon reçoit à chaque inspiration.

II. De l'expiration.

Le thorax, après s'être dilaté pour faire affluer dans le poumon une nouvelle quantité d'air, revient sur lui-même pour en chasser une quantité à peu près égale qui a servi à l'hématose, s'est chargée de vapeur d'eau et d'acide carbonique. Ce deuxième acte, diamétralement opposé au premier, constitue ce qu'on appelle l'*expiration*. Il s'effectue par le concours des parois du thorax, du diaphragme, du poumon et des autres parties de l'appareil respiratoire. Son exécution se traduit par une réduction des deux grands diamètres du thorax et plusieurs phénomènes dont nous allons présenter l'analyse.

§ I. — Du rétrécissement du thorax suivant le sens transversal.

Les parois latérales du thorax, qui s'étaient écartées l'une de l'autre au moment de l'inspiration, se rapprochent lors de l'expiration ; les côtes, qui s'étaient portées en dehors et en avant, reviennent en arrière et en dedans; les muscles, qui s'étaient contractés, se relâchent, et d'autres puissances, jusqu'alors inactives, entrent en action pour concourir à diminuer la capacité de la cavité thoracique.

Le jeu des côtes dans l'inspiration est beaucoup plus simple que celui de ces arcs osseux lors de la dilatation du thorax. Les côtes, au moment de l'inspiration,

avaient été déplacées, l'articulation de leur tubérosité avec les vertèbres avait été un peu tendue ; leur cartilage de prolongement avait éprouvé un commencement de torsion ; les lames fibreuses intercostales elles-mêmes avaient acquis une tension particulière. Or, dès que les puissances musculaires qui ont déterminé ces changements cessent d'agir, toutes ces parties, plus ou moins élastiques, tendent à revenir à l'état dans lequel elles se trouvaient primitivement, et elles y reviennent en effet, pour ainsi dire, sans le concours des muscles. Ceux-ci n'interviennent qu'au titre d'agents complémentaires et régulateurs destinés à réduire la cavité du thorax au delà des limites auxquelles l'élasticité de ses parois pourrait la ramener. Aussi peut-on regarder l'expiration comme un acte en grande partie passif, une sorte de retour du thorax à un état neutre qu'il tend à conserver sans aucun effort.

Pendant ce deuxième acte, les côtes exécutent un mouvement inverse en tous points à celui qu'elles ont éprouvé dans l'inspiration. Leur face externe, qui était devenue un peu antérieure, et leur bord postérieur, qui s'était légèrement dirigé en dehors, reprennent leur situation première. La côte se projette en arrière et en dedans ; elle se rapproche de la ligne médiane, et l'arc qu'elle forme, en augmentant son inclinaison par rapport au plan vertical qui diviserait le thorax en deux moitiés, réduit l'espace compris entre elle et ce dernier. Ces côtes se rapprochent les unes des autres ; on les voit glisser sous la peau d'avant en arrière, et les espaces intercostaux devenir moins creux ; l'appareil dont j'ai parlé montre que ces espaces se rétrécissent d'une manière notable ; les cartilages de prolongement, qui avaient été un peu tordus à leur union avec les côtes et un peu redressés sur le sternum, reprennent d'eux-mêmes, en vertu de leur propre élasticité, la direction qu'ils tendent à conserver ; enfin les deux hypochondres, qui avaient été portés en dehors, élevés sensiblement et rendus plus convexes à leur face externe, se rapprochent l'un de l'autre, s'abaissent et perdent de leur incurvation. Tout cela se produit spontanément par le fait de l'élasticité des côtes, de leurs cartilages, de leurs liens articulaires, dès que les puissances inspiratrices ont cessé d'agir. Mais des muscles particuliers complètent cette action, surtout dans les expirations profondes.

Les muscles qui concourent à l'abaissement des côtes, à leur rapprochement, à leur projection en arrière et en dedans, sont : le petit dentelé postérieur, le transversal des côtes, le triangulaire du sternum et les muscles abdominaux. Ils ont cela de particulier, qu'aucun d'eux n'agit sur toutes les côtes ; le transversal et le triangulaire exercent leur action sur les côtes sternales, le petit dentelé et les muscles abdominaux sur les côtes asternales.

Le petit dentelé postérieur, assez développé dans les solipèdes, où il est formé de six dentelures triangulaires insérées à la face externe des six dernières côtes, a ses attaches fixes au sommet des apophyses épineuses des vertèbres dorsales postérieures et des premières lombaires. Les fibres contractiles de ses digitations sont à peu près perpendiculaires à la ligne médiane, et légèrement obliques de haut en bas, d'arrière en avant, relativement à l'axe des côtes. Comme leurs insertions costales sont plus bas que celles du dentelé antérieur, elles trouvent sur ces arcs un bras de levier plus considérable que ces dernières. Leur contraction tend à tirer les côtes en arrière et aussi à les porter en dehors, mais elle les porte seulement en

arrière, les autres muscles expirateurs mettant nécessairement obstacle à la projection en dehors.

Le dentelé postérieur n'est constitué chez le bœuf que par quatre digitations insérées sur les quatre dernières côtes qui laissent entre elles des espaces très larges. Il n'a plus dans le chien que deux digitations au niveau des deux derniers espaces. Son action expiratrice est plus évidente pour ces deux derniers mammifères qu'elle ne l'est en ce qui concerne le cheval.

Le transversal des côtes, étendu obliquement du milieu de la première côte sternale à la face latérale du sternum vers l'articulation du quatrième cartilage avec cet os, doit déprimer ou abaisser l'extrémité inférieure des deuxième, troisième et quatrième côtes sur lesquelles il passe, et cela en raison surtout de la fixité de ses deux attaches terminales. Cependant, en tenant compte des adhérences qu'il contracte à la surface des côtes ou des cartilages qu'il croise obliquement, on serait tenté de lui attribuer une action diamétralement opposée à celle que je viens de rappeler.

Le triangulaire du sternum est l'expirateur par excellence de la partie antérieure du thorax. Né sur toute la longueur de la face supérieure du sternum par des faisceaux charnus recouverts d'une forte couche aponévrotique, il remonte à la face interne des cartilages de prolongement de toutes les côtes sternales qui suivent la première, et s'insère sur ces cartilages par autant de dentelures isolées. Ce muscle, qui a, de même que tous les autres expirateurs, l'une de ses attaches terminales absolument fixe, rapproche les cartilages et les côtes de la ligne médiane; il transforme ces arcs en leviers du troisième genre, dont le centre de mouvement est à l'articulation vertébro-costale, la puissance à l'insertion de chaque dentelure, et la résistance en dessous. Son action est d'autant plus favorisée que ses insertions sont plus supérieures; elle s'accroît d'avant en arrière d'une manière très sensible, en raison de l'allongement de ses digitations, et devient extrêmement énergique chez le chat, le chien et la plupart des carnassiers, dont les cartilages costaux antérieurs sont très allongés.

Le grand oblique, le petit oblique et le transverse de l'abdomen complètent la série des muscles expirateurs dont l'action a pour effet de diminuer la cavité du thorax suivant le sens transversal. Leur rôle dans l'expiration est actif à tous les degrés de l'affaissement des parois thoraciques sur elles-mêmes.

Parmi les muscles de l'abdomen, le grand oblique est celui qui agit le plus directement sur les côtes asternales et qui prend la plus grande part à l'expiration. Son action devient extrêmement manifeste, pour peu que la respiration du cheval soit profonde. Elle se traduit par le développement d'une légère saillie qui s'étend depuis l'extrémité postérieure du sternum jusque vers la dernière côte, et qui remonte insensiblement au-dessus du bord libre de l'hypochondre tant que dure l'expiration. Cette saillie, très apparente à travers la peau des animaux maigres, est formée par le bord inférieur de la partie charnue du muscle, bord qui éprouve une ascension assez considérable vers les attaches supérieures et fixes du muscle, en laissant au-dessous de lui les cartilages costaux. Dans l'inspiration, au contraire, il redescend, sa saillie s'efface, et l'hypochondre disparaît, comme on le voit du reste en mettant les muscles à découvert.

Le grand oblique d'un côté et celui du côté opposé, agissant toujours ensemble, constituent, par leur réunion sur la ligne blanche, une véritable sangle dont la contraction tend à faire remonter les viscères abdominaux, puis à rapprocher les deux hypochondres, et conséquemment à diminuer le diamètre transversal du thorax. Bien que ces deux effets semblent en contradiction l'un avec l'autre, car l'élévation des viscères abdominaux sollicite les hypochondres à s'éloigner pendant que la contraction provoque le rapprochement de ces parties, le rapprochement a lieu dans des limites très étendues : la projection du diaphragme en avant et en haut agrandissant assez l'espace qui reçoit les viscères.

Le petit oblique prend aussi une part active à l'expiration, mais moins considérable que celle du précédent. Son aponévrose, qui prend seulement quelques attaches à la face interne des cartilages des dernières côtes asternales, est disposée peu favorablement pour agir directement sur les côtes : aussi ce muscle contribue-t-il à l'expiration, surtout en élevant la masse intestinale. Sa contraction est indiquée par l'augmentation du relief que forme le milieu de sa portion charnue, ou ce qu'on appelle communément la corde du flanc, et par la tension que celle-ci éprouve au moment de l'expiration.

Le transverse, ou lombo-abdominal, qui s'implante à l'extrémité des apophyses transverses des vertèbres lombaires et à la face interne des cartilages de toutes les côtes asternales, est admirablement disposé pour relever la masse des viscères abdominaux et rapprocher les deux hypochondres l'un de l'autre. Sa contraction est extrêmement favorisée, en ce sens qu'elle agit sur l'extrémité inférieure de toutes les côtes asternales.

Quant au sterno-pubien, il ne contribue guère à l'expiration qu'en soulevant les viscères abdominaux. La disposition qu'il affecte et les adhérences qu'il contracte à son origine sur les dernières côtes sternales et les premières asternales ne lui permettent guère d'agir directement sur ces arcs osseux.

Les muscles abdominaux prennent donc, en se contractant, une part considérable à la réduction du diamètre transverse de la poitrine. La tunique fibreuse épaisse qui les renforce à l'extérieur concourt au même résultat en vertu de l'élasticité dont elle jouit au plus haut degré. Ces diverses puissances, en soulevant les viscères intestinaux et en les refoulant vers le diaphragme, deviennent aussi les agents principaux du resserrement longitudinal du thorax.

§ II. — Du resserrement du thorax suivant le sens antéro-postérieur.

Lors de l'expiration, la cavité thoracique diminue de diamètre d'avant en arrière par le jeu du diaphragme, la réaction des viscères de l'abdomen et l'intervention des muscles abdominaux. Le resserrement qu'elle éprouve dans ce sens est beaucoup plus considérable que celui qui résulte du rapprochement des parois costales.

Le diaphragme, à l'instant initial de son relâchement, ne décrit plus qu'une très légère concavité du côté de l'abdomen ; il est aussi plan qu'il peut l'être, mais sa contraction ayant cessé, sa concavité postérieure augmente insensiblement, à mesure que le muscle se porte en avant, et elle arrive à son terme dès qu'il a

effectué un mouvement d'une étendue égale à celui qu'il avait exécuté en sens inverse dans l'inspiration. Le diaphragme relâché, pendant qu'il effectue son oscillation d'arrière en avant et de bas en haut, conserve une tension assez considérable; il n'est point flasque comme beaucoup d'auteurs le pensent et comme on pourrait le croire de prime abord. Sa tension, qui existe du reste sur le cadavre dont le thorax n'est point ouvert, est facile à constater chez les ruminants, en engageant le bras dans une large fistule au rumen, et chez tous les animaux dont l'abdomen est plus ou moins largement ouvert. Cette tension résulte de l'appui que donne à la cloison la face postérieure des poumons et de la pression qui lui est transmise par les viscères abdominaux.

Le mouvement qu'éprouve le diaphragme relâché, dans l'expiration, tient à deux causes qui lui sont tout à fait étrangères, savoir, le retrait du poumon et la réaction des viscères abdominaux qui reprennent leur situation et leur volume primitif. Il tient aussi, surtout chez les solipèdes, à la rétraction du tissu jaune élastique qui tapisse sa face antérieure.

En effet, le poumon, qui s'affaisse sur lui-même en vertu de l'élasticité propre de son tissu et de ses divers éléments constituants, dès que les parois costales se rapprochent l'une de l'autre; le poumon, appliqué immédiatement sur la face antérieure de la cloison diaphragmatique l'entraîne avec lui, puisqu'il n'y a entre les deux ni air, ni aucun autre gaz. Et à cause de cela déjà la vitesse de la projection du diaphragme en avant est subordonnée à la rapidité de l'affaissement de l'organe pulmonaire.

D'autre part, les viscères abdominaux qui ont été plus ou moins déplacés, leurs gaz qui ont éprouvé une compression plus ou moins considérable, réagissent avec une certaine énergie et refoulent le diaphragme en avant. Les aponévroses, la tunique abdominale, qui avaient été sensiblement distendues, réagissent aussi sur la cloison par l'intermédiaire des viscères. Enfin, les muscles abdominaux, par leur contraction et la pression atmosphérique sur les parois inférieures de l'abdomen, s'ajoutent encore à une réaction passive pour porter la projection antérieure du diaphragme à ses dernières limites. Il est à remarquer toutefois que ces dernières causes peuvent cesser d'agir sans que le jeu du diaphragme en soit profondément modifié, car tous les expérimentateurs savent que les animaux dont l'abdomen est largement ouvert, et la plupart des viscères retirés de cette cavité, continuent à respirer très régulièrement. Néanmoins, sur le cheval debout, dans de telles conditions, le diaphragme, qui est fortement tiraillé par le foie et par l'estomac, éprouve une très grande difficulté à se projeter en avant.

Le diaphragme, lorsqu'il est arrivé aux dernières limites de sa projection en avant, peut contribuer à rapprocher les deux hypochondres, de même que les dernières côtes asternales. Il détermine cet effet, si les muscles abdominaux, en se contractant énergiquement, continuent à pousser les viscères en haut et en avant, ou si ces viscères, très distendus par les gaz, exercent sur lui une pression telle, qu'elle met obstacle même à la projection du muscle en arrière, lors de l'inspiration, comme on le voit sur les ruminants affectés d'indigestion gazeuse ou de simple météorisation. On conçoit que cet effet puisse se produire, sur ces animaux, quand le diaphragme est assez reporté en avant pour venir s'appliquer immédiate-

ment à la face interne des quatre dernières côtes et des quatre derniers espaces intercostaux, excepté tout à fait à leur partie supérieure.

§ III. — Du retrait du poumon et du resserrement des autres parties de l'appareil respiratoire.

Le poumon, dont la dilatation a été purement passive dans l'inspiration, revient sur lui-même, lors de l'expiration, par le triple effet de sa propre élasticité, de la contraction du tissu musculaire des ramifications bronchiques, et enfin du jeu des parois thoraciques. Sa participation à ce dernier acte est donc mi-passive et mi-active, comme elle est à moitié inhérente et à moitié étrangère à l'organe pulmonaire.

L'élasticité du poumon, c'est-à-dire la force avec laquelle cet organe tend à revenir sur lui-même après avoir été dilaté, joue un grand rôle dans l'acte complexe de l'expiration. Cette élasticité, que tous les physiologistes connaissent, est portée à un degré qui ne se retrouve peut-être dans aucun des organes de l'économie animale; elle appartient à tous les éléments du poumon, à l'enveloppe séreuse, aux bronches, depuis les plus grandes jusqu'aux plus déliées, aux vaisseaux et aux vésicules pulmonaires. C'est elle qui détermine l'affaissement du poumon plein d'air et abandonné à lui-même, la trachée restant libre; c'est elle qui, sur le cadavre et sur l'animal vivant, produit le même résultat dès qu'on vient à ouvrir la cavité thoracique. La pression atmosphérique, comme le fait remarquer avec beaucoup de justesse M. Bérard, demeure tout à fait étrangère à ce phénomène dans les trois circonstances où il s'opère, car la trachée étant ouverte, la pression intérieure est parfaitement égale à la pression extérieure, et par conséquent lui fait équilibre.

L'élasticité du tissu pulmonaire, si puissante qu'elle soit, ne peut, sur l'animal vivant, et dans les conditions normales, affaisser le poumon au delà de certaines limites assez restreintes. L'affaissement s'arrête dans les expirations profondes dès que le diaphragme a été refoulé en avant autant que possible, et que les parois costales sont aussi rapprochées que le comporte leur élasticité et la contraction de leurs muscles; en un mot, il a pour bornes les limites extrêmes du rétrécissement de la cavité thoracique. Cette élasticité rapprocherait davantage ces parois si elles étaient souples comme celles de l'abdomen, et susceptibles de se déprimer entièrement par la pression atmosphérique.

On croit généralement que l'obstacle à l'affaissement complet du poumon tient au vide ou à l'absence de gaz entre le poumon et les parois de la cavité qui le renferme. Cette opinion n'est fondée qu'en partie, car des liquides et des gaz peuvent exister dans le sac des plèvres, sans que pour cela le poumon revienne complétement sur lui-même. Tous les jours on voit, d'un seul côté ou des deux côtés à la fois, des épanchements pleurétiques considérables qui ne s'opposent point à l'accomplissement des actes mécaniques de la respiration. La sérosité occupe les parties déclives de la cavité thoracique, le poumon surnage en raison de sa légèreté spécifique, et demeure en contact, par sa partie supérieure, avec les parois costales; et, tant que les progrès de l'épanchement lui laissent un volume suffisant à l'héma-

tose, il continue à fonctionner avec plus ou moins de facilité. De même quand on a injecté jusqu'à un litre d'air dans la cavité thoracique d'un cheval, par une ouverture très oblique, au niveau d'un espace intercostal, le poumon correspondant ne revient pas complétement sur lui-même; cet organe ne réduit son volume que dans les proportions rigoureusement nécessaires pour loger dans la plèvre un litre d'air à la tension qui le met en équilibre parfait avec la pression atmosphérique extérieure et intérieure. Une fois cette réduction opérée, le poumon ne s'affaisse plus; il continue à fonctionner comme auparavant, bien que dans une grande partie de son étendue il y ait de l'air entre lui et les parois de la cavité. On s'en assure en mettant à découvert la plèvre sur une certaine fraction d'un espace intercostal.

Carson (1), qui a mesuré la force élastique du poumon, a trouvé qu'elle est plus que suffisante pour supporter, dans le bœuf, une colonne d'eau de $1^{pied},5$ de hauteur, et dans les moutons, de même que dans les chiens de grande taille, une colonne de 1 pied à $1^{pied},5$.

La contractilité des fibres musculaires sous-jacentes à la muqueuse des bronches doit prendre une part plus ou moins considérable au retrait que le poumon éprouve lors de l'expiration. Ces fibres, continuation de celles de la trachée, forment une couche épaisse et facile à voir dans les plus grosses divisions du tube aérien, mais deviennent nécessairement de moins en moins nombreuses à mesure qu'on se rapproche des divisions ultimes. Reisseisen, qui les a décrites avec soin, les a vues, à l'aide d'instruments grossissants, jusque dans les tuyaux bronchiques très fins, dans les parois desquels on n'apercevait plus de cerceaux cartilagineux. Wedemeyer a vu ces fibres se contracter, sous l'influence du galvanisme, sur les bronches du chien et du cochon d'Inde, mais leur contraction était assez lente. William a constaté que le resserrement des bronches excité par un courant électrique faisait monter dans un tube adapté à la trachée le liquide qui avait été versé dans leur cavité, et cela sur un poumon de chien retiré du thorax. Enfin, M. Longet s'est assuré que la galvanisation des nerfs vagues provoque des contractions manifestes dans les parois bronchiques.

Le fait de la contraction du plan musculaire des bronches, lors même qu'il n'aurait pas été constaté, ne saurait être mis en doute. Mais les physiologistes n'ont pu découvrir, jusqu'ici, si cette contractilité est mise en jeu d'une manière régulière à chaque expiration, ou si elle agit seulement lors des expirations profondes ou saccadées. Toutefois, il est certain qu'elle intervient pour opérer l'expulsion du mucus et des produits morbides qui s'exhalent des bronches ou qui se font jour à travers ces conduits. Probablement c'est par suite de la paralysie de ces fibres que les mucosités stagnent en si grande quantité dans les tuyaux aériens des animaux auxquels on a reséqué les nerfs pneumogastriques, mucosités dont l'accumulation contribue pour beaucoup à hâter le développement de l'asphyxie.

Enfin, la pression exercée sur le poumon par les parois costales qui reviennent sur elles-mêmes en vertu de leur élasticité, et par le diaphragme sur lequel agissent directement les viscères et indirectement les muscles abdominaux, concourt

(1) Bérard, *ouv. cit.*, t. III, p. 296.

puissamment à réduire l'organe pulmonaire au volume sous lequel il se présente au terme de l'expiration. Cette pression auxiliaire et étrangère pouvant être opérée avec rapidité et graduée suivant les circonstances, joue un grand rôle dans la respiration accélérée, et devient ainsi peut-être plus utile que l'élasticité, qui n'agit qu'avec une certaine lenteur : elle contribue seule à l'affaissement du poumon quand cet organe ne peut plus guère revenir spontanément sur lui-même par le fait des adhérences qu'il contracte avec les parois thoraciques, de l'induration de son tissu et des dépôts calcaires ou plastiques dont il est si souvent le siége chez les grands ruminants. Il faut encore ici admirer ces combinaisons dans lesquelles plusieurs forces sont disposées pour agir dans le même sens et se suppléer réciproquement quand l'une d'elles est frappée d'impuissance.

La trachée éprouve peut-être quelques modifications dans sa forme et son diamètre lors de l'expiration. Le plan musculaire à fibres transversales qui existe à sa partie postérieure entre peut-être en contraction pour rétrécir la lumière de ce conduit. Cependant on n'a pu voir encore, d'une manière distincte, ces fibres se contracter soit spontanément, soit sous l'influence des excitants mécaniques ou galvaniques. Je les ai mises à découvert, sur le cheval vivant, en incisant le tissu cellulaire et les lames fibreuses qui réunissent les extrémités des cerceaux de la trachée préalablement portée en dehors et un peu tordue sur elle-même, mais je n'y ai point aperçu de contractions isolées ou isochrones avec l'expiration. L'application d'un compas d'épaisseur en divers points de la région cervicale de la trachée du même animal ne m'a indiqué aucun changement bien appréciable dans les différents diamètres du conduit. Mais on conçoit que ce plan puisse se resserrer sans qu'il en résulte une diminution sensible du diamètre extérieur de la trachée ; le rétrécissement pouvant s'opérer seulement aux dépens de l'espace celluleux laissé entre la partie postérieure des cerceaux et la couche musculaire. Quoi qu'il en soit, à cet égard, la nature du plan implique nécessairement une contraction dont les circonstances et le rhythme n'échapperont pas toujours aux investigations des physiologistes.

Le larynx, au moment de l'expiration, éprouve dans sa totalité un léger mouvement d'ascension qui devient très marqué pour peu que la respiration soit profonde et difficile. L'ouverture de la glotte se resserre par le rapprochement des cordes vocales et des aryténoïdes, ainsi qu'on s'en assure par le secours de l'expérience dont j'ai déjà parlé.

La colonne d'air qui passe à travers la trachée et le larynx est mue avec vitesse, par une très grande force, comme le montre le sifflement qui se fait entendre dès qu'on a pratiqué une petite ouverture à la trachée, et par la réjection des corps étrangers même assez lourds introduits accidentellement dans les voies respiratoires. Cette colonne, une fois parvenue au pharynx, s'engage entièrement dans les cavités nasales, si le voile du palais est abaissé et la bouche fermée, puis elle s'échappe par les naseaux revenus sur eux-mêmes. Si son impulsion est très énergique, elle soulève en masse la fausse narine avec les parties qui correspondent à l'espace laissé entre le sus-nasal et le biseau du petit sus-maxillaire. De plus, comme l'ouverture des naseaux est alors à son rétrécissement extrême, une partie de l'air rebrousse chemin, s'engouffre dans le cul-de-sac de la fausse narine, et le dilate

très sensiblement, surtout si le passage du fluide expiré est encore diminué par le pincement que peut exercer sur les naseaux la main ou l'instrument de torture connu sous le nom de tord-nez.

Enfin, si la bouche est béante et le voile du palais plus ou moins relevé, une partie de la colonne d'air du pharynx s'échappe à travers cette cavité au moment même où les machoires se rapprochent; mais il semble qu'il ne s'échappe point par là une quantité d'air aussi considérable que celle qui y a pénétré au moment de l'inspiration. Ce fluide peut du reste sortir par la bouche en certaine proportion, bien que cette cavité soit tenue à peu près fermée; alors il soulève en passant les joues et les commissures des lèvres, si ces parties sont frappées d'atonie ou de paralysie.

Ainsi l'expiration est un acte complexe qui résulte : 1° du relâchement des muscles inspirateurs, c'est-à-dire du diaphragme et des muscles des parois costales; 2° de l'élasticité des parois thoraciques ou des côtes, de leurs cartilages de prolongement, de leurs ligaments articulaires et des lames fibreuses jaunes des espaces intercostaux; 3° de la réaction des viscères abdominaux comprimés et plus ou moins déplacés; 4° du jeu de plusieurs muscles des parois costales, tels que le dentelé postérieur, le triangulaire du sternum; 5° enfin de l'intervention à la fois active et passive des muscles abdominaux.

III. Du rhythme de l'inspiration et de l'expiration.

L'analyse isolée de l'inspiration et de l'expiration étant faite sous le rapport de leur mécanisme, il nous reste à étudier ces deux actes dans leur succession régulière, à voir quels sont les phénomènes appréciables qui traduisent leur accomplissement normal et les variations éprouvées par ceux-ci suivant les conditions physiologiques diverses dans lesquelles les animaux se trouvent placés. Cette étude est indispensable pour fixer le terme de comparaison auquel on doit rapporter les modifications si nombreuses qui résultent des lésions morbides des organes respiratoires.

Le rhythme normal des mouvements respiratoires est assez difficile à saisir sur le cheval en repos, parfaitement calme, dont les formes sont arrondies et les saillies musculaires masquées par la graisse. Les côtes ne se dessinent pas sous la peau, les espaces intercostaux ne se creusent pas sensiblement; le flanc n'a pas de concavité bien marquée, sa corde se met peu en relief; les hypochondres et les dernières côtes ne se délimitent point à leur réunion avec les parois abdominales. Il faut un léger exercice de quelques instants pour donner aux mouvements respiratoires une étendue qui permette à l'observateur d'en saisir toutes les particularités, mais sur les animaux à peau fine, dont les muscles sont nettement dessinés et sur tous les sujets sans embonpoint, ils sont bien caractérisés.

Dans l'inspiration, les parois thoraciques se soulèvent tout d'une pièce; les côtes deviennent plus apparentes, s'écartent les unes des autres en se portant en avant; les sillons intercostaux se creusent légèrement; la corde du flanc s'aplatit et s'efface; la concavité de cette région augmente un peu; le ventre descend, se porte

en dehors et s'élargit; la dépression qui existe au niveau du grasset, entre la cuisse et la partie fuyante du flanc, diminue sensiblement.

Dans l'expiration, les parois thoraciques s'abaissent en masse; les côtes reviennent en arrière, se rapprochent les unes des autres, perdent de leur relief et s'effacent en quelque sorte plus ou moins complétement; les dépressions intercostales perdent de leur profondeur; il se forme sur la ligne de l'hypochondre une saillie longitudinale qui n'est pas produite par le cercle cartilagineux lui-même, mais par la partie charnue du grand oblique de l'abdomen; cette saillie au-dessous de laquelle se trace une dépression assez marquée remonte tant que dure l'expiration; la corde du flanc se détache, se tend, se projette en dehors en éprouvant un léger mouvement ascensionnel; le ventre remonte et se rétrécit; enfin le creux du grasset se prononce davantage.

L'inspiration et l'expiration n'exigent pas pour leur accomplissement un temps égal de part et d'autre. La première, qui est la plus courte, ne semble guère demander plus de la moitié de l'espace que la seconde met à s'effectuer. L'intervalle ou l'instant de repos qui sépare ces deux actes est excessivement court; néanmoins il est appréciable tant que la respiration est parfaitement calme. Il est à noter, d'après M. Girard, qu'à l'état normal, entre cinq, six, sept respirations de même étendue, il s'en opère une beaucoup plus profonde.

Les choses se passent toujours ainsi à l'état normal, avec cette différence que, sous l'influence des efforts ou de l'exercice, les mouvements respiratoires deviennent plus étendus, mieux accentués et se succèdent avec une plus grande rapidité.

Le rhythme des mouvements respiratoires est profondément modifié, chez les solipèdes, dans ce qu'on appelle la pousse, dont la cause, encore peu connue, paraît consister le plus généralement en un emphysème pulmonaire. Cette altération se traduit par une interruption plus ou moins sensible de l'expiration, et quelquefois même de l'inspiration, qui se font chacune en deux temps, entre lesquels il y a un arrêt ou un soubresaut particulier. Ainsi, lors de l'expiration, l'hypochondre, après avoir effectué la moitié de son abaissement, s'arrête, rebondit légèrement, puis descend de nouveau jusqu'à sa limite ordinaire. De même, le flanc, après être arrivé vers le milieu de son affaissement, s'arrête, éprouve un léger soubresaut, puis achève son mouvement.

Lorsque l'altération est portée jusqu'à ses limites extrêmes, elle devient manifeste à l'inspection isolée des côtes, des hypochondres, du flanc, de la partie inférieure de l'abdomen et des naseaux. Le flanc est plus ou moins retroussé; sa corde se dessine fortement, et son creux se remplit d'une manière sensible dans l'expiration; le soubresaut devient très marqué et se produit souvent à la fois dans l'inspiration et l'expiration. Le mouvement des parois abdominales se communique aux muscles de la face antérieure de la cuisse; le fascia lata se porte en dehors et s'affaisse alternativement; la secousse éprouvée par les parois costales est sensible dans toute leur étendue; les muscles de la croupe, au niveau du ligament sacro-ischiatique, sont soulevés dans l'expiration et déprimés dans le mouvement opposé; l'anus est alternativement refoulé en arrière et reporté en avant par un mouvement saccadé et interrompu; le corps entier de l'animal participe même quelquefois à la secousse produite par les muscles affectés à la respiration.

Les naseaux reflètent dans leur jeu les modifications éprouvées par celui des parois thoraciques et abdominales. Leur dilatation, qui est extrême et permanente, augmente encore beaucoup dans l'inspiration : l'aile interne d'un naseau est fortement rapprochée de celle du naseau opposé, et lorsque le froid condense la vapeur qui s'échappe des cavités nasales, on la voit distinctement sortir en deux bouffées, séparées par un temps d'arrêt très court.

Les changements apportés au rhythme de la respiration s'expliquent assez bien par la nature de la lésion qui paraît habituellement donner lieu à la pousse. Comme l'emphysème pulmonaire est la cause la plus fréquente de celle-ci, et comme cet emphysème vésiculaire, parfois fort difficile à reconnaître de prime abord, diminue tellement l'élasticité du poumon que cet organe éprouve une grande peine à s'affaisser, on conçoit qu'il faille, du côté des puissances expiratrices, des efforts assez considérables pour en réduire le volume au degré convenable. Or dans l'expiration, après que les parois thoraciques ont commencé à revenir sur elles-mêmes en vertu de l'élasticité dont jouissent leurs parties constituantes, si la résistance du poumon arrête leur abaissement, et même si elle les repousse, il faut qu'un redoublement de l'action musculaire vienne achever l'expiration: de là les deux temps de cet acte et le soubresaut qui les sépare.

La vitesse avec laquelle s'effectuent et se succèdent les mouvements respiratoires varie beaucoup suivant les animaux et les conditions diverses dans lesquelles ils peuvent se trouver. Néanmoins chaque espèce animale a, dans un calme parfait, un nombre de respirations à peu près invariable.

D'après les auteurs vétérinaires (1), le nombre des inspirations, en ce qui concerne les animaux domestiques, est pour le cheval jeune de 10 à 12 par minute; le cheval adulte, de 9 à 10; le jeune bœuf, de 18 à 20; le bœuf adulte, de 15 à 18; l'agneau, de 16 à 17; le mouton, de 13 à 16; le jeune chien, de 18 à 20; le chien adulte de 15 à 18.

Pour les animaux sauvages que j'ai pu observer dans le calme le plus parfait, j'ai compté 10 respirations au rhinocéros; 7 à 10 à l'hippopotame hors de l'eau; 3 à 4 au même pachyderme sous l'eau; 23 au buffle de Valachie; de 18 à 22 au lama et à l'alpaca; 10 à 11 au dromadaire; 8 à 10 à la girafe; 22 à 24 à l'yach; 16 à 17 au cerf; 16 à 18 au daim; 12 à 15 à la panthère; 14 à 15 au jaguar; 12 à 13 au lion.

Ce nombre des respirations varie dans des limites très étendues, suivant les conditions où peut se trouver l'animal. Le repos, les exercices divers, les efforts, les impressions morales, le sommeil, l'état des fonctions, la température extérieure, enfin la fièvre et les maladies sont les causes ordinaires de ces variations, dont voici quelques exemples.

Un cheval en repos, respirant 10 fois par minute, fit au pas un trajet de quelques centaines de mètres, et dès qu'il s'arrêta, il respirait 28 fois dans le même temps. Au bout de quelques minutes sa respiration était revenue au chiffre ordinaire. Lancé au trot pendant 5 minutes, il avait en s'arrêtant 52 respirations, puis

(1) Delafond, *Traité de pathologie et de thérapeutique générales.* — Rainard, *Traité de pathologie vétérinaire*, etc.

40 seulement 3 minutes après, 33 plus tard encore. Soumis à une course de 5 minutes au galop, il respirait en s'arrêtant 65 fois et 60 fois à la minute suivante.

Le cheval attelé à une lourde voiture, qu'il traîne avec une certaine lenteur, ou à un véhicule moins pesant qui lui permet une allure modérément rapide, n'a pas la respiration très accélérée, car le rhythme de cette fonction doit être compatible avec le développement des efforts musculaires; mais dès que le solipède vient à s'arrêter, la respiration s'opère avec une vitesse presque égale à celle du cheval après une course rapide. Il en est à peu près de même pour le bœuf qui en traçant un sillon respire lentement, et se met à haleter aussitôt que sa marche se suspend.

Un mouton en ruminant paisiblement respire 15, 16, 17 fois par minute; peu après il ploie la tête contre ses pattes comme pour s'assoupir, sa respiration descend à 14 par minute, et soudain un bruit étranger qui le tire de sa quiétude lui cause une telle émotion qu'il arrive subitement à respirer 45 fois dans l'espace pris pour unité. Ce ruminant, après une course de quelques instants, respire jusqu'à 110 et même 140 fois par minute.

Les mêmes variations s'observent à l'égard des animaux sauvages. Un lion couché au soleil et déjà un peu excité respirait 40 fois par minute, quand un coup donné à la porte de sa loge attira son attention : aussitôt il eut 70 respirations. Un lama, qui avait 20 respirations étant couché, en eut 40 dès qu'on l'eut forcé à se relever. Les carnassiers en général et les animaux très timides paraissent être les plus exposés à ces sortes de variations.

On sait que les animaux hibernants respirent avec une extrême lenteur quand ils sont engourdis : Prunelle, Saissy et d'autres s'en sont assurés. Ils respirent de plus en plus vite à mesure qu'ils sortent de leur torpeur. J'ai vu une chauve-souris exposée à un froid glacial respirer 5, 6 fois par minute, puis 50 à 60 fois et plus lorsqu'une température élevée venait la tirer de son engourdissement. Nous verrons plus tard les rapports intimes qui existent entre la vitesse des mouvements respiratoires et celle des contractions du cœur.

L'air qui s'engage dans les voies respiratoires au moment de l'inspiration, et qui en est expulsé lors de l'expiration, produit dans la trachée, les bronches et le poumon, des bruits particuliers dont les caractères sont faciles à reconnaître en appliquant l'oreille à la partie inférieure du cou et sur les côtés de la poitrine.

Le souffle trachéal qui se fait entendre sur les côtés, de même qu'à la partie inférieure du grand conduit aérien, et depuis le larynx jusqu'au poitrail, est assez intense pour être perçu très distinctement, même lorsque la respiration est aussi calme que possible. Il se produit en deux temps, séparés par un très court intervalle. Dans le premier, qui coïncide avec l'inspiration, ce souffle est faible; dans le second, qui répond à l'expiration; il est plus fort et plus prolongé. Il rappelle assez bien, par les nuances de son intensité, le bruit que l'air produit à son entrée et à sa sortie des naseaux pour peu que la respiration s'accélère. Sa force s'augmente considérablement à mesure que la respiration se précipite et qu'elle devient pénible; elle s'accroît de même en raison de la difficulté que l'air éprouve à traverser le larynx ou les cavités nasales; enfin elle reste assez grande lorsque la trachée est ouverte sur un point de sa longueur.

Le bruit qui se produit au sein du poumon a deux nuances ou plutôt deux degrés

d'intensité, que l'oreille appliquée sur les parois thoraciques peut distinguer sans grande difficulté. Tout à fait en arrière de l'épaule des grands quadrupèdes, et au niveau du tiers supérieur des côtes, c'est-à-dire sur la ligne de la bronche principale et de la naissance des bronches secondaires, il est plus fort qu'en aucun autre point des parois costales : c'est le murmure bronchique. Sur tout le reste de l'étendue des parois du thorax, il est beaucoup plus faible : c'est le murmure vésiculaire. Ces deux nuances ne sont pas absolument distinctes l'une de l'autre, car partout le mouvement respiratoire se produit simultanément dans les bronches et les vésicules pulmonaires.

Le murmure respiratoire s'entend sur toute l'étendue des parois thoraciques. Il est perceptible, suivant la remarque très exacte de M. Delafond, à travers les masses musculaires de l'épaule et du bras, comme dans les régions moyenne et postérieure du thorax. A la partie antérieure de la poitrine, il se produit avec une grande intensité dans la région thoracique de la trachée, l'origine des bronches et le sommet des lobes du poumon; mais il parvient à l'oreille très affaibli par les deux rayons osseux et les masses musculaires qu'il a traversées. A la partie postérieure de la poitrine, tout à fait dégagée en arrière de l'épaule et du bras, il se produit avec une intensité beaucoup moindre qu'en avant, car il naît seulement des divisions bronchiques déjà fortement rétrécies et du tissu pulmonaire, mais il s'amortit très peu en traversant les parois costales, et parvient à l'oreille avec une force supérieure à celle du murmure perceptible au niveau de l'épaule.

L'intensité du murmure respiratoire est à son maximum vers le tiers supérieur des septième, huitième et neuvième côtes, précisément sur le milieu de la longueur du thorax. A ce point, les parois costales sont dégagées de leurs connexions avec l'épaule ; elles correspondent à la partie la plus épaisse du poumon et au trajet de la grande division bronchique assez rapprochée du bord supérieur de l'organe respiratoire. De là ce bruit s'affaiblit progressivement et perd de sa netteté, d'une part, à mesure qu'on se rapproche de la dernière côte, et d'autre part à mesure qu'on descend vers l'hypochondre. La diminution d'intensité du murmure respiratoire vers les parties postérieures et inférieures du thorax résulte de l'atténuation progressive des bronches et de l'amincissement graduel du poumon. Quant à la moindre netteté de ce murmure sur toute la ligne de l'hypochondre et des dernières côtes, elle est la conséquence de la transmission aux parois thoraciques des bruits produits dans les viscères abdominaux.

L'intensité des bruits bronchiques et vésiculaires éprouve normalement des variations assez étendues qui dérivent de l'état des animaux, de leur âge, et surtout de la lenteur ou de la rapidité avec laquelle s'effectue la respiration. Aussi, pour se faire une idée exacte de ces bruits et en saisir toutes les nuances, convient-il d'examiner les animaux après les avoir soumis graduellement à des exercices qui accélèrent les mouvements respiratoires.

Le murmure respiratoire perceptible par l'auscultation est un frémissement faible, prolongé, qui augmente sur la fin de l'inspiration et diminue lorsque l'expiration va s'achever. Il tient aux vibrations de l'air qui se meut dans les cavités pulmonaires, et à celles des parois membraneuses plus ou moins tendues des bronches et des vésicules pulmonaires. Celles-ci, en se distendant et en revenant alter-

nativement sur elles-mêmes, vibrent comme les vésicules sèches dans lesquelles on pousse de l'air avec une certaine force. Ce bruit se reproduit avec une intensité exagérée, et s'entend à distance quand on insuffle le poumon retiré de la cavité thoracique. Son mode de formation est absolument le même dans les deux cas. Seulement dans le second la vitesse avec laquelle l'air s'engage dans les voies respiratoires et l'absence des parois thoraciques donnent et laissent au bruit une force supérieure à celle avec laquelle il parvient à l'oreille à travers les parties qui forment les parois de la poitrine.

La respiration, envisagée sous le rapport de la rapidité de la succession de ses mouvements et de plusieurs autres particularités, offre diverses nuances très faciles à distinguer les unes des autres. Elle est *lente*, lorsque, dans un temps donné, le nombre des inspirations et des expirations est peu considérable; *accélérée*, lorsque ce nombre dépasse de beaucoup le chiffre normal. Elle est *égale*, si, à part les variations habituelles, les inspirations ont toutes à peu près la même étendue; *irrégulière*, quand des inspirations courtes alternent sans ordre avec des inspirations et des expirations prolongées. On l'a dit *entrecoupée*, si le premier ou le second de ces actes se fait en deux temps, comme dans le cas d'emphysème pulmonaire; *courte*, si la dilatation du thorax et l'affaissement de cette cavité sont très restreints; *profonde*, si, au contraire, ces mêmes mouvements sont très étendus; *haletante*, si, étant très précipitée, elle s'accompagne d'un léger bruit; *sifflante*, lorsqu'elle fait entendre un bruit particulier plus ou moins aigu, comme celui du cornage du cheval; *ronflante*, lorsque ce bruit est sourd et prolongé, à peu près tel que le chat le fait entendre en quelques circonstances; *plaintive*, quand le bruit est l'expression de la souffrance.

IV. Des variétés des actes mécaniques de la respiration.

Les actes par lesquels l'air est amené dans les voies respiratoires, puis éliminé dès qu'il y a servi à l'hématose, offrent de très grandes différences parmi les animaux vertébrés. Nous allons successivement examiner les principales chez les oiseaux, les reptiles et les poissons.

Le thorax des oiseaux possède une structure qui rend son jeu sensiblement différent de ce qu'il est dans les mammifères. Les côtes de ces animaux sont entièrement osseuses; elles se composent de deux parties inégales articulées entre elles, en formant un angle à sinus antérieur. La partie supérieure la plus longue se joint solidement aux vertèbres dorsales, et porte en arrière un petit prolongement par lequel elle s'appuie sur la côte suivante; la partie inférieure s'articule avec le bord latéral du sternum : celui-ci, aplati de dessus en dessous et très large, donne à la fois une grande étendue à la partie inférieure du thorax, et une vaste surface d'implantation pour les muscles des ailes. Les muscles abdominaux, les releveurs des côtes, les intercostaux, le scalène et le triangulaire du sternum, opèrent la dilatation et le resserrement des parois de cette cavité, qui n'est séparée de celle de l'abdomen que par une cloison diaphragmatique rudimentaire.

Les poumons des oiseaux n'occupent que la partie supérieure de la cavité thoracique; ils sont immédiatement appliqués à la face interne des parois costales, et

effectué un mouvement d'une étendue égale à celui qu'il avait exécuté en sens inverse dans l'inspiration. Le diaphragme relâché, pendant qu'il effectue son oscillation d'arrière en avant et de bas en haut, conserve une tension assez considérable; il n'est point flasque comme beaucoup d'auteurs le pensent et comme on pourrait le croire de prime abord. Sa tension, qui existe du reste sur le cadavre dont le thorax n'est point ouvert, est facile à constater chez les ruminants, en engageant le bras dans une large fistule au rumen, et chez tous les animaux dont l'abdomen est plus ou moins largement ouvert. Cette tension résulte de l'appui que donne à la cloison la face postérieure des poumons et de la pression qui lui est transmise par les viscères abdominaux.

Le mouvement qu'éprouve le diaphragme relâché, dans l'expiration, tient à deux causes qui lui sont tout à fait étrangères, savoir, le retrait du poumon et la réaction des viscères abdominaux qui reprennent leur situation et leur volume primitif. Il tient aussi, surtout chez les solipèdes, à la rétraction du tissu jaune élastique qui tapisse sa face antérieure.

En effet, le poumon, qui s'affaisse sur lui-même en vertu de l'élasticité propre de son tissu et de ses divers éléments constituants, dès que les parois costales se rapprochent l'une de l'autre; le poumon, appliqué immédiatement sur la face antérieure de la cloison diaphragmatique l'entraîne avec lui, puisqu'il n'y a entre les deux ni air, ni aucun autre gaz. Et à cause de cela déjà la vitesse de la projection du diaphragme en avant est subordonnée à la rapidité de l'affaissement de l'organe pulmonaire.

D'autre part, les viscères abdominaux qui ont été plus ou moins déplacés, leurs gaz qui ont éprouvé une compression plus ou moins considérable, réagissent avec une certaine énergie et refoulent le diaphragme en avant. Les aponévroses, la tunique abdominale, qui avaient été sensiblement distendues, réagissent aussi sur la cloison par l'intermédiaire des viscères. Enfin, les muscles abdominaux, par leur contraction et la pression atmosphérique sur les parois inférieures de l'abdomen, s'ajoutent encore à une réaction passive pour porter la projection antérieure du diaphragme à ses dernières limites. Il est à remarquer toutefois que ces dernières causes peuvent cesser d'agir sans que le jeu du diaphragme en soit profondément modifié, car tous les expérimentateurs savent que les animaux dont l'abdomen est largement ouvert, et la plupart des viscères retirés de cette cavité, continuent à respirer très régulièrement. Néanmoins, sur le cheval debout, dans de telles conditions, le diaphragme, qui est fortement tiraillé par le foie et par l'estomac, éprouve une très grande difficulté à se projeter en avant.

Le diaphragme, lorsqu'il est arrivé aux dernières limites de sa projection en avant, peut contribuer à rapprocher les deux hypochondres, de même que les dernières côtes asternales. Il détermine cet effet, si les muscles abdominaux, en se contractant énergiquement, continuent à pousser les viscères en haut et en avant, ou si ces viscères, très distendus par les gaz, exercent sur lui une pression telle, qu'elle met obstacle même à la projection du muscle en arrière, lors de l'inspiration, comme on le voit sur les ruminants affectés d'indigestion gazeuse ou de simple météorisation. On conçoit que cet effet puisse se produire, sur ces animaux, quand le diaphragme est assez reporté en avant pour venir s'appliquer immédiate-

ment à la face interne des quatre dernières côtes et des quatre derniers espaces intercostaux, excepté tout à fait à leur partie supérieure.

§ III. — Du retrait du poumon et du resserrement des autres parties de l'appareil respiratoire.

Le poumon, dont la dilatation a été purement passive dans l'inspiration, revient sur lui-même, lors de l'expiration, par le triple effet de sa propre élasticité, de la contraction du tissu musculaire des ramifications bronchiques, et enfin du jeu des parois thoraciques. Sa participation à ce dernier acte est donc mi-passive et mi-active, comme elle est à moitié inhérente et à moitié étrangère à l'organe pulmonaire.

L'élasticité du poumon, c'est-à-dire la force avec laquelle cet organe tend à revenir sur lui-même après avoir été dilaté, joue un grand rôle dans l'acte complexe de l'expiration. Cette élasticité, que tous les physiologistes connaissent, est portée à un degré qui ne se retrouve peut-être dans aucun des organes de l'économie animale ; elle appartient à tous les éléments du poumon, à l'enveloppe séreuse, aux bronches, depuis les plus grandes jusqu'aux plus déliées, aux vaisseaux et aux vésicules pulmonaires. C'est elle qui détermine l'affaissement du poumon plein d'air et abandonné à lui-même, la trachée restant libre ; c'est elle qui, sur le cadavre et sur l'animal vivant, produit le même résultat dès qu'on vient à ouvrir la cavité thoracique. La pression atmosphérique, comme le fait remarquer avec beaucoup de justesse M. Bérard, demeure tout à fait étrangère à ce phénomène dans les trois circonstances où il s'opère, car la trachée étant ouverte, la pression intérieure est parfaitement égale à la pression extérieure, et par conséquent lui fait équilibre.

L'élasticité du tissu pulmonaire, si puissante qu'elle soit, ne peut, sur l'animal vivant, et dans les conditions normales, affaisser le poumon au delà de certaines limites assez restreintes. L'affaissement s'arrête dans les expirations profondes dès que le diaphragme a été refoulé en avant autant que possible, et que les parois costales sont aussi rapprochées que le comporte leur élasticité et la contraction de leurs muscles ; en un mot, il a pour bornes les limites extrêmes du rétrécissement de la cavité thoracique. Cette élasticité rapprocherait davantage ces parois si elles étaient souples comme celles de l'abdomen, et susceptibles de se déprimer entièrement par la pression atmosphérique.

On croit généralement que l'obstacle à l'affaissement complet du poumon tient au vide ou à l'absence de gaz entre le poumon et les parois de la cavité qui le renferme. Cette opinion n'est fondée qu'en partie, car des liquides et des gaz peuvent exister dans le sac des plèvres, sans que pour cela le poumon revienne complétement sur lui-même. Tous les jours on voit, d'un seul côté ou des deux côtés à la fois, des épanchements pleurétiques considérables qui ne s'opposent point à l'accomplissement des actes mécaniques de la respiration. La sérosité occupe les parties déclives de la cavité thoracique, le poumon surnage en raison de sa légèreté spécifique, et demeure en contact, par sa partie supérieure, avec les parois costales ; et, tant que les progrès de l'épanchement lui laissent un volume suffisant à l'héma-

Il est à remarquer que, en raison de l'extrême mobilité des côtes et du nombre de leurs muscles, l'inspiration peut, dans les serpents, agrandir considérablement le diamètre transversal de la poitrine, et que l'expiration peut réduire cette cavité à de très faibles proportions. Aussi le corps de ces reptiles peut-il alternativement se gonfler et se rapetisser d'une manière étonnante, comme on le voit sur les serpents irrités. Leurs expirations deviennent par moments si profondes, notamment sous l'influence de certains gaz délétères, que les côtes droites viennent chevaucher par leur extrémité libre celles de l'autre côté. Ce sont ces expirations profondes et saccadées qui donnent lieu au sifflement dont le timbre est si connu.

Le jeu des parois costales a encore ceci de très particulier aux serpents, qu'il est restreint, en ce qui concerne la respiration, aux seules parties qui correspondent aux poumons. Sur toute la longueur de cet organe, les côtes s'écartent et se rapprochent alternativement, tandis que les autres, c'est-à-dire celles de la partie postérieure du corps, restent à peu près immobiles. Ainsi, sur une vipère de 70 centimètres, ayant 150 paires de côtes, le poumon, dans sa partie trachéale et vésiculeuse, a 22 centimètres de longueur, et répond aux 58 premières paires de côtes qui fonctionnent dans la respiration ordinaire ; la partie tout à fait membraneuse de cet organe, aussi longue que la première, répond aux 54 côtes suivantes qui n'agissent que pour la respiration profonde de l'animal irrité ; enfin les 38 dernières, placées au delà de l'extrémité postérieure de l'organe respiratoire, restent étrangères aux actions mécaniques de la respiration. Les côtes des serpents concourent toutes indistinctement à la progression par des mouvements semblables à ceux de l'inspiration et de l'expiration, comme nous l'avons dit ailleurs.

Les batraciens, qui n'ont pas de côtes, ou seulement des rudiments très courts de ces os, ne peuvent dilater le thorax par un mécanisme analogue à celui des mammifères, des oiseaux et des reptiles pourvus de côtes et d'un sternum ou de côtes sans sternum. L'inspiration dans ces animaux a lieu par une sorte de déglutition, et l'expiration est opérée par le resserrement des muscles abdominaux.

Ainsi, chez les grenouilles et les crapauds, l'air, au moment de l'inspiration, s'introduit dans les narines et passe dans la bouche, qui s'agrandit par l'abaissement d'un large hyoïde et d'une cloison musculaire placée entre les deux branches du maxillaire, puis cet air est chassé de là dans la glotte et les deux poumons vésiculeux, dès que l'hyoïde et le muscle intra-maxillaire se relèvent pour diminuer la capacité de la cavité buccale : il ne peut alors s'échapper à travers les narines, qui se ferment par le jeu d'une petite valvule, et de plus par l'application de la langue à leur orifice interne. L'expiration, au contraire, résulte de la pression exercée sur les sacs pulmonaires par les muscles abdominaux. On conçoit, d'après cela, que la respiration se suspende chez les batraciens dès que la bouche est maintenue béante, et que dans cet état l'asphyxie soit inévitable, comme on le sait du reste depuis longtemps. De même on comprend que cette fonction continue à s'opérer sur les animaux dont l'abdomen est ouvert et les poumons attirés hors de cette cavité, à la condition toutefois que la bouche et les narines restent libres. Seulement, dans ce dernier cas, l'élasticité du poumon étant insuffisante pour affaisser convenablement cet organe, lors de l'expiration, il se maintient à un certain degré

de distension. Mais son affaissement ne tarde pas à s'effectuer, d'après Dugès, si l'on vient à ouvrir la glotte.

Les tortues, dont le poumon est contenu dans une cavité à parois solides et immobiles, respirent encore par une déglutition analogue à celle des batraciens. Leurs poumons, qui établissent une transition entre la forme spongieuse propre aux vertébrés supérieurs et la forme vésiculeuse particulière aux batraciens et à plusieurs autres reptiles, offrent une disposition indispensable à connaître pour comprendre le mécanisme respiratoire de ces animaux. Ces organes occupent, à eux seuls, toute la partie supérieure de la cavité de la carapace dont l'étage inférieur est rempli par le cœur, les viscères digestifs, génitaux et urinaires. La trachée, qui se bifurque immédiatement en arrière du larynx, envoie à chacun d'eux une trachée secondaire ou une bronche se prolongeant à peu près sur toute l'étendue de leur bord interne et inférieur. Chaque trachée secondaire porte du côté du poumon correspondant une série d'ouvertures dont les plus grandes, situées en regard des principaux compartiments pulmonaires, se trouvent bordées d'un petit pavillon cartilagineux ; enfin chaque poumon est divisé par des cloisons transversales en cinq grandes poches dans la tortue grecque. Sur les parois de ces poches existent de larges cellules incomplètes, et au fond de celles-ci des cellules plus petites, subdivisées à leur tour en cellules plus étroites encore, à peu près comme le sont les cellules aquifères du rumen et du réseau des dromadaires.

Les poumons, ainsi disposés, ont à la fois une capacité considérable et une surface passablement étendue. L'air y arrive, au moment de l'inspiration, poussé par une déglutition semblable à celle qui a lieu dans la grenouille ; il les dilate plus ou moins, comprime et refoule en bas les viscères contenus dans la cavité splanchnique commune. Il en est chassé, en partie, lors de l'expiration, par la pression des muscles abdominaux et l'action d'une expansion fibreuse et quelque peu musculaire, regardée par Cuvier comme une sorte de diaphragme tendu entre le poumon et les viscères. Lorsque la respiration devient un peu étendue, le cou et les pattes se dégagent de dessous la carapace pour donner plus de champ à la dilatation de l'organe pulmonaire; puis ces mêmes parties, d'après Dugès, se reportent de nouveau sous cette enveloppe et deviennent, au moment de l'expiration, les auxiliaires des muscles de l'abdomen.

Les actes mécaniques de la respiration, si variés parmi les animaux qui vivent dans l'air, doivent se montrer sous un type tout particulier chez ceux qui respirent cet air en dissolution dans l'eau. Ils n'ont, en effet, dans les poissons qu'une analogie vague avec ceux des mammifères, des oiseaux et des reptiles.

L'appareil respiratoire des poissons se compose généralement de deux cavités situées sur les côtés de la tête et en arrière de la bouche avec laquelle elles communiquent. Dans chacune de ces cavités se trouvent des arcs osseux fixés en bas à l'hyoïde, en haut à la base du crâne. Ces arcs, isolés les uns des autres et plus ou moins mobiles, portent sur leur convexité deux feuillets membraneux et vasculaires, découpés en lames étroites ou en petites franges plus ou moins déliées. Enfin, cet appareil est recouvert par un opercule formé de cinq pièces et laissant en arrière une ouverture qui fait communiquer directement la cavité branchiale avec l'extérieur.

Le jeu de cet appareil est excessivement simple : il comprend deux temps qui correspondent, l'un à l'inspiration, l'autre à l'expiration. Dans le premier, la bouche s'ouvre, les cavités buccale et pharyngienne se remplissent d'eau ; les arcs branchiaux s'écartent et se projettent en dehors ; les feuillets des branchies s'éloignent les uns des autres, les opercules se soulèvent ; dans le second, la bouche se ferme, les arcs branchiaux se rapprochent, les opercules s'abaissent, et l'eau qui a passé entre les branchies écarte leurs feuillets, puis s'écoule à l'extérieur par la fente operculaire. A l'aide de ce mécanisme, l'eau chargée d'oxygène vient se mettre en contact avec les nombreux vaisseaux des branchies ; cette eau, sans cesse renouvelée, s'étale sur une grande surface, car dans la carpe, qui a de chaque côté quatre branchies divisées en huit feuillets, le fluide oxygéné se met en rapport avec trente-deux surfaces, et son contact est encore multiplié par les cent trente-cinq franges que Duverney a comptées à chaque feuillet, lesquelles forment un total de 2,160 découpures.

L'appareil respiratoire branchial, qui n'est pas susceptible de fonctionner complétement à l'air libre, ne permet pas au poisson de vivre longtemps au sein de l'atmosphère. Les parties accessoires de cet appareil continuent bien alors à agir régulièrement : la bouche s'ouvre et se ferme alternativement, les arcs branchiaux s'écartent et se rapprochent ; les opercules s'élèvent et s'abaissent, mais les branchies, dont l'eau peut seule écarter les feuillets, les lames ou les franges, restent immobiles : ces feuillets et ces franges se tiennent appliqués les uns sur les autres. Or, ce défaut de déploiement ou de développement des surfaces branchiales à l'air libre est, d'après les expériences de M. Flourens (1), la cause de l'asphyxie prompte du poisson maintenu hors de l'eau. La mort n'est, suivant ce savant physiologiste, nullement le résultat de la dessiccation des branchies, car elle survient toujours bien avant que celle-ci se soit produite.

Tels sont, avec leurs principales variantes, les actes par lesquels l'air est amené dans les organes respiratoires, puis éliminé dès qu'il a servi à l'hématose. Ces premières opérations, mécaniques par leur résultat immédiat, étaient faciles à suivre et à analyser dans tous leurs détails, mais celles qu'il nous reste à examiner sont d'une nature moins accessible à nos investigations : leur étude, qui comporte des détails nombreux et diversifiés, va nous initier à la connaissance d'un ordre nouveau de faits et de résultats.

CHAPITRE XXXVII.

DES PHÉNOMÈNES CHIMIQUES DE LA RESPIRATION.

Sous ce titre, qu'il est regrettable de conserver, on comprend les modifications subies par le sang, le chyle et la lymphe, sous l'influence de l'air atmosphérique, et les actes effectués dans le poumon par suite du conflit qui a lieu entre tous ces

(1) *Mémoires d'anatomie et de physiologie comparées*, Paris, 1844, p. 75.

fluides. L'examen de ces modifications doit être naturellement précédé de celui du liquide qui les éprouve.

I. Du sang.

Le sang est le fluide nutritif qui, chez les animaux supérieurs, se meut dans un immense système vasculaire composé du cœur, des artères, des veines et des capillaires. Il contient tous les matériaux des solides et des autres liquides de l'économie, donne à tous les tissus ce qui est nécessaire à leur développement, à leur entretien et à leur réparation, fournit aux organes sécréteurs les éléments de leurs produits et reçoit aussi de toutes les parties, de même que du dehors, les matériaux qui le renouvellent ou le reconstituent. Il est le véhicule de tout ce qui entre dans l'organisme, et de tout ce qui en sort; l'intermédiaire entre la matière qui devient vivante et celle qui cesse de l'être. C'est le mélange homogène et fluide de ce qui est séparé, sous différents états dans le corps animal; c'est le chaos mouvant de la matière organisée dont les éléments s'isolent, prennent des formes et des propriétés spéciales dès qu'ils sont mis en œuvre hors du torrent circulatoire, puis reprennent leur premier état en rentrant dans la masse générale dont ils s'étaient momentanément séparés.

Ce liquide, qui paraît exister chez tous les animaux avec une couleur et des propriétés physiques variables, soit disséminé dans les cavités interstitielles des tissus, soit confiné dans des canaux particuliers, finit par se distinguer nettement du chyle et de la lymphe, en se renfermant dans un système vasculaire spécial différent de celui qui a charrié ces deux derniers. Il doit y exister en certaine quantité pour que la vie s'entretienne et que les fonctions s'exécutent avec régularité.

La proportion normale de la masse totale du sang à celle du corps peut être déterminée très approximativement, en recueillant ce fluide par la section des gros vaisseaux, sur les animaux vivants, et en comparant le poids de la quantité recueillie au poids du corps. La détermination ne peut être rigoureuse, puisqu'il reste toujours dans les capillaires et les petits vaisseaux de toutes les parties une petite quantité de sang, mais elle se rapproche beaucoup de la vérité, si après avoir recueilli le fluide qui s'écoule, jusqu'au moment de la mort, par les artères et les veines, on retire avec soin ce qui, après la mort, reste dans le cœur, les grosses veines du thorax et de l'abdomen; alors le cadavre est à peu près exsangue.

Cette méthode ancienne, la première qui soit venue à l'idée des expérimentateurs, a permis aux physiologistes de déterminer approximativement la quantité de sang qui circule dans les vaisseaux de diverses espèces animales. Mais les résultats qu'elle a donnés doivent être divisés en deux catégories suivant qu'on a recueilli seulement le sang qui s'est écoulé avant la mort, par les blessures faites aux vaisseaux, ou suivant qu'on a recueilli à la fois cette première quantité et celle qui reste sur le cadavre, dans le cœur et les principaux troncs vasculaires. Voici, d'après les recherches de plusieurs auteurs et d'après celles que j'ai faites moi-même, les résultats relatifs aux animaux domestiques (1) :

(1) Voyez Girard, *Traité d'anatomie vétérinaire*, t. I, p. 85 et suiv., 4e édit. — Burdach, *Traité de physiologie*, t. VI, p. 118 et 386. — O. Delafond, *Traité de la cachexie aqueuse des bêtes à laine*, 2e édit., p. 36. — Goubaux, *Récueil de médecine vétérinaire*, t. X, 3e série, 1853, p. 1082 et suiv.

ANIMAUX.	AGE, ÉTAT DES ANIMAUX.	POIDS du corps.	POIDS du sang.	OBSERVATIONS.
	SOLIPÈDES.			
Cheval	8 ans, maigre	387,500 gr	19,500 gr	D'après Girard.
Cheval	10 ans	362,500	22,800	id.
Cheval entier	10 ans, embonpoint moyen.	509,000	28,300	D'après M. Goubaux
Cheval hongre	12 ans, embonpoint moyen.	443,000	21,300	id.
Cheval entier	15 ans, maigre	356,000	17,000	id.
Jument	11 ans, embonpoint moyen.	435,000	23,000	id.
Cheval hongre	14 ans, maigre.	200,000	11,500	D'apr. mes expér.
Jument.	12 ans, maigre	292,000	16,000	id.
Cheval entier	16 ans, maigre	337,000	17,500	id.
Jument	14 ans, maigre	344,000	21,500	id.
Jument	5 ans, embonpoint moyen.	406,000	22,000	id.
Cheval entier.	11 ans, embonpoint moyen.	410,000	14,500	id.
Cheval entier	10 ans, embonpoint moyen.	445,000	25,000	id.
Cheval entier	embonpoint ordinaire.	456,000	30,300	id.
Cheval	embonpoint ordinaire.	518,000	31,000	id.
Cheval entier.	7 ans, maigre.	470,000	28,375	id.
Ane	.	140,000	8,000	D'après Girard.
	RUMINANTS.			
Bœuf	.	700,000	29,500	D'après Vanner.
Bœuf	.	750,000	31,500	id.
Vache	.	588,000	27,000	id.
Vache	8 ans, très maigre	361,000	16,800	D'apr. mes expér.
Mouton	3 ans, embonpoint moyen.	37,50	1,500	D'après M. Goubaux
Mouton	4 ans, id.	44,000	2,300	id.
Mouton	3 ans, id.	39,000	1,500	id.
Mouton	4 ans, id.	54,000	1,800	id.
Mouton	15 mois, id	45,500	1,650	id.
Mouton	3 ans.	30,000	2,055	D'apr. M. Delafond.
Mouton	4 ans.	32,000	2,030	id.
Brebis	7 mois, grasse.	32,000	1,268	D'apr. mes expér.
Brebis	3 ans, grasse	38,000	1,780	id.
Brebis	2 ans, id.	38,000	1,381	id.
Brebis	5 ans, grasse	44,000	1,739	id.
Brebis	6 ans, id.	47,000	2,590	id.
Mouton	4 ans, id.	48,000	1,917	id.
Mouton	5 ans, id.	52,000	2,360	id.
Brebis	5 ans 1/2, id.	60,000	2,337	id.
Brebis	5 ans, id.	64,000	2,360	id.
Brebis	10 ans, très grasse	62,000	3,400	id.
Mouton	5 ans, très maigre.	25,500	1,141	id.
Brebis	6 ans, embonpoint moyen.	57,000	2,223	id.
Brebis	4 ans. id.	49,000	2,065	id.
Brebis	3 ans, id.	49,000	2,170	id.
Brebis.	7 ans, assez grasse	55,000	2,588	id.
Brebis.	7 ans, assez grasse	55,000	2,252	id.
Brebis.	3 ans, assez grasse.	54,000	1,955	id.
	CARNASSIERS.			
Chien	de haute taille	30 à 35,000	3 à 3, 500	D'après Girard.
Chien épagneul	.	14,000	1,000	id.
Chien de berger.	très maigre.	22,500	1,285	D'apr. mes expér.

Il résulte de ce qui précède, que la quantité de sang qu'il est possible d'extraire des vaisseaux représente, en moyenne, pour le cheval, la dix-huitième partie du poids total du corps, la vingt-troisième partie pour le bœuf, la vingt-troisième partie pour le mouton, et la douzième partie pour le chien. Cette quantité serait égale à la vingt-deuxième partie du poids du corps dans le veau, d'après Rosa, à la vingtième dans l'agneau, d'après Allen Moulin, à la vingtième dans le lièvre, à la vingt et unième dans le renard, à la vingt-quatrième dans le lapin, à la vingt-cinquième dans le coq, à la vingt-neuvième dans le canard, à la trente-deuxième dans la poule, suivant Herbst et quelques-uns des auteurs que je viens de citer (1).

La quantité de sang qui existe dans les vaisseaux est évidemment plus considérable que celle qu'on extrait directement en faisant périr les animaux par hémorrhagie, et en recueillant avec soin ce qui peut rester après la mort dans le cœur et les gros vaisseaux. Malheureusement il semble bien difficile d'arriver à connaître exactement cette quantité sur laquelle les physiologistes baseraient les calculs qui se rattachent au renouvellement de ce fluide, et à son rôle dans les phénomènes de la nutrition et des sécrétions.

Certains auteurs, ennemis des procédés simples, et ingénieux à créer des difficultés plus grandes que celles qu'ils ont à vaincre, ont imaginé, pour arriver à la solution du problème, d'injecter dans les vaisseaux d'un animal une matière susceptible de se solidifier. Ils se sont flattés de déterminer la somme totale du sang par la quantité de matière qu'ils emploieraient à remplir le système vasculaire, comme s'il était possible d'injecter parfaitement les artères, les veines et tous les capillaires de l'économie, puis de donner à ces canaux le degré exact de réplétion qu'ils ont à l'état normal. D'autres ont pensé atteindre le même but en brûlant un animal et en dosant le fer qui se trouve dans le résidu incinéré pour comparer la somme de ce métal avec la quantité qui existait dans une petite fraction de sang préalablement analysée ; mais ces novateurs hardis se contentent de conseiller l'emploi d'un tel moyen, ils n'ont encore calciné ni bœuf, ni cheval, ni aucun autre animal, si petit soit-il.

Valentin a cependant proposé un procédé qui paraît propre à résoudre exactement le problème dont nous parlons. Il consiste à saigner un animal et à déterminer la proportion, en centièmes, des parties solides contenues dans le sang recueilli, puis à injecter une quantité d'eau connue dans les veines, et à déterminer de nouveau la proportion des principes solides que le sang délayé extrait des veines contient peu après l'injection. Alors, d'après la différence quantitative observée entre les résultats des deux opérations, on calcule la somme de sang délayé par l'eau. Ce procédé, que MM. Müller et Duvernoy trouvent ingénieux, me paraît condamné par les évaluations mêmes auxquelles il a conduit son auteur. J'ai peine à croire, en présence des chiffres inscrits dans les tableaux précédents, que la proportion entre la quantité de sang et le poids du corps soit comme 1 est à 4 1/2 dans le chien, et comme 1 est à 5 dans le mouton. Un mouton de 52 kilogrammes, donnant par une hémorrhagie mortelle 2,360 grammes de sang, devrait en avoir plus de 10,000 si les calculs

(1) Burdach, *Traité de physiologie considérée comme science d'observation*. Paris, 1837, t. VI, p. 120.

de Valentin étaient exacts. Or, à supposer que les tissus pâles et épuisés du ruminant aient conservé après la mort autant de sang qu'il s'en est échappé par les blessures des vaisseaux, on serait encore bien loin du chiffre obtenu par l'observateur allemand. Un cheval du poids de 518 kilogrammes, et donnant 31 kilogrammes de sang, en aurait plus de 100 kilogrammes, suivant les mêmes calculs!

La proportion normale du sang contenu dans les vaisseaux, si approximative qu'elle soit, doit être le régulateur des émissions qui ont un but thérapeutique. Il importe de se rappeler que la mort est la conséquence inévitable de ces émissions, dès qu'elles viennent à dépasser certaines limites dont on paraît généralement fort peu s'inquiéter. Rosa a observé « que la mort survenait chez de jeunes veaux, après une soustraction de 3 à 6 livres de sang, c'est-à-dire depuis un trente-deuxième jusqu'à un vingtième du poids du corps; chez des veaux plus âgés, après une soustraction de 12 à 16 livres, ou d'un douzième à un neuvième du poids du corps; chez un agneau, après une perte de 28 onces, équivalant au vingt-huitième de son poids total; chez un mouton, après celle de 61 onces, ou d'un vingt-troisième du poids du corps. D'après les expériences de Hales, elle se manifesta, chez un cheval, après une soustraction de 33 livres de sang, ou d'un vingt-cinquième du poids total. Elle eut lieu, dans les miennes, après une perte de 11,500 grammes, chez un cheval hongre du poids de 200 kilogrammes; après une perte de 16,000 grammes, chez une jument du poids de 292 kilogrammes; après une émission de 17,500 grammes, chez un cheval entier, pesant 337 kilogrammes; elle arriva après une soustraction de 14,500 grammes seulement, chez un cheval entier d'un embonpoint moyen et souffrant vivement d'une affection de pied. Chez tous ces animaux la mort aurait certainement suivi, avec plus ou moins de lenteur, une soustraction sanguine bien inférieure à celle qui devint immédiatement fatale. On a lieu de s'étonner, en présence de tels résultats, de voir dans une publication vétérinaire récente qu'on peut, pour combattre une maladie, retirer à un cheval de taille moyenne 10 à 15 kilogrammes de sang, et *jusqu'au double après le repas*, comme si un cheval de cette taille ne devait pas mourir sur-le-champ, d'une soustraction aussi abondante, à supposer toutefois qu'elle fût réalisable.

La proportion entre la masse du sang et celle du corps ne paraît pas être la même pour tous les animaux. Burdach, se basant sur les chiffres donnés par divers observateurs, dit que le bœuf a plus de sang que le veau, le chien plus que le renard, le cheval plus que l'âne; mais il s'appuie sur des déterminations trop peu nombreuses, incohérentes, qui ne peuvent être comparées, ayant été obtenues par des procédés différents. Il ajoute vaguement que les animaux dont la substance du corps est molle et imprégnée de sucs ont plus de sang que ceux d'une constitution sèche; les bêtes à cornes qui se nourrissent d'herbes humides, plus que les rongeurs qui vivent d'aliments secs et consomment peu d'eau; les mammifères amphibies, comme les phoques, plus que les mammifères ordinaires, et ceux-ci plus que les oiseaux. Il paraît établi, d'une manière à peu près certaine, que les vertébrés à sang froid, les poissons et les reptiles, possèdent une moindre quantité de fluide nutritif que les mammifères et les oiseaux. La différence devient frappante quand on compare les couleuvres, les vipères, par exemple, à des vertébrés supérieurs de même taille ou de même poids.

Cette proportion, du reste, paraît varier suivant les âges, les sexes, la constitution des animaux, leur embonpoint ou leur maigreur, et les divers états réguliers ou morbides dans lesquels ils peuvent se trouver. Elle est plus forte, dit-on, dans la jeunesse qu'à l'âge adulte, et que vers la fin de la vie, plus dans les animaux maigres ou d'un embonpoint moyen que dans les sujets arrivés à un certain degré d'obésité, plus dans les individus pléthoriques que dans ceux qui supportent des privations. On s'accorde généralement à admettre la réalité de la diminution de la masse du sang par le fait de l'abstinence prolongée et de l'hibernation, et cette diminution doit être fort considérable, si l'on en juge par l'état du cœur, des gros vaisseaux et l'aspect des chairs des animaux morts de faim. Les pathologistes disent que la masse du sang augmente dans telle maladie, diminue dans telle autre. J'ai trouvé sur deux chevaux, sacrifiés pour cause d'affections très douloureuses du pied, une quantité de sang inférieure à la moyenne qui correspondait à leur poids. Enfin cette quantité éprouve des variations fréquentes en rapport avec les périodes de la digestion et de l'absorption des liquides ingérés dans l'estomac et l'intestin. De plus, elle offre des différences, même considérables, dont il est difficile de reconnaître la cause réelle. Ainsi j'ai vu deux brebis de même âge et de même poids, à 1 kilogramme près, donner l'une 2,337 grammes de sang, l'autre 3,360 grammes. Pourtant ces deux ruminants étaient également gras, à jeun depuis la veille, et sacrifiés par un procédé uniforme.

§ I. — Des caractères et des propriétés physiques du sang.

Le sang est un liquide incolore ou faiblement coloré, dans un grand nombre d'espèces inférieures. Les naturalistes l'ont trouvé sans coloration sensible dans plusieurs groupes de mollusques et d'insectes, lactescent et bleuâtre dans divers gastéropodes, jaunâtre orangé dans les échinodermes, le ver à soie, la chenille du saule, verdâtre dans certains orthoptères, brun chez la généralité des insectes coléoptères. Il est rouge déjà chez les annélides et les planorbes, et conserve cette couleur dans tous les animaux vertébrés, avec quelques légères nuances.

Le sang des mammifères et des oiseaux est d'un rouge vif dans les cavités gauches du cœur, le système artériel aortique et les veines pulmonaires ; il est d'un rouge brun plus ou moins foncé dans les cavités droites du cœur, le système veineux général et l'artère pulmonaire. Cette couleur devient uniformément sombre pour le sang veineux et le sang artériel, lorsque la respiration cesse de s'opérer, même pendant un temps très court. Celle du sang artériel est plus vive dans les ruminants, et en particulier dans le bœuf que dans les solipèdes, le porc et les carnassiers. Celle du sang veineux devient plus foncée et prend diverses nuances difficiles à caractériser sous l'influence des affections charbonneuses, putrides ; elle offre souvent un certain reflet olive, parfois bleuâtre sur les sujets très gras.

Le sang est alcalin ; il dégage en sortant des vaisseaux et au moment de sa coagulation une odeur qui a quelque chose de particulier à chaque animal, et qui rappelle, en général, celle des exhalations cutanées. L'odeur du sang du chien, du bœuf, est mieux caractérisée que celle du sang du cheval, du mouton, des oiseaux, mais il faut un odorat fin et exercé pour distinguer sûrement, par ce seul caractère, comme le faisait Barruel, le sang de diverses espèces. Sa saveur, qui est très

légèrement salée, ne paraît pas être la même dans toutes les parties du système vasculaire, car Flandrin avait le sens du goût assez délicat pour distinguer le sang de la veine porte de celui des veines caves, et même le sang des diverses parties de l'intestin. Sa densité est pour le bœuf, d'après M. Lassaigne, de 1056; par conséquent, 1 décimètre cube ou 1 litre de sang de cet animal pèse 1056 grammes. Sa température est la même que celle du corps. On l'a dite plus élevée pour le sang artériel que pour le sang veineux, notamment en comparant le contenu des cavités gauches du cœur à celui des cavités droites. Un observateur anglais, cité par Burdach, aurait trouvé la température du jet qui s'échappe d'un vaisseau ouvert, à 29 degrés dans le cheval, à 30 dans le bœuf, à 31 dans la brebis, et à 33 dans le canard ; mais ces différences, de même que celles données par d'autres auteurs, tiennent au vice des moyens d'expérimentation. Ce fluide donne, dit-on, des indices d'une électricité tantôt négative, tantôt positive.

Le sang extrait de ses vaisseaux ne conserve pas longtemps sa fluidité normale; il se prend bientôt en une masse d'apparence homogène, de laquelle se sépare insensiblement une partie liquide, jaunâtre, transparente et dépourvue de viscosité.

Cette coagulation qui est plus ou moins rapide, suivant les animaux, commence à s'opérer en moins de une à deux minutes dans le sang des carnivores, des petits ruminants et des oiseaux, et elle s'y achève deux à trois minutes plus tard. Elle ne se produit dans celui du cheval et du bœuf qu'au bout de huit à dix minutes, et quelquefois plus. On la voit s'effectuer à toutes les températures au-dessus de zéro, dans le vide ou dans différents gaz, comme dans l'air atmosphérique. Dès qu'elle est achevée, le sang se présente sous l'aspect d'une gelée très consistante, et à partir de ce moment le caillot sanguin se rétracte peu à peu et laisse s'échapper insensiblement autour de lui un sérum, jaunâtre, transparent, dont la séparation n'est complète qu'au bout de vingt-cinq, trente heures, et plus, suivant les espèces.

Le sang des animaux solipèdes, en se coagulant, se divise en deux parties, l'une supérieure, jaunâtre, et l'autre inférieure, d'un rouge brun plus ou moins foncé. A mesure que ce fluide se coagule, les globules, en raison de leur densité spécifique, supérieure à celle des autres éléments du sang, se séparent de ceux-ci, descendent à la partie la plus déclive du vase, et viennent former le caillot noir. Une fois que la coagulation est parfaite, le mouvement des globules cesse, et les proportions respectives des deux caillots ne changent plus. Puis le caillot blanc se resserre transversalement avec lenteur, s'éloigne des parois latérales du vase, et exprime autour de lui le sérum, tandis que le caillot noir, ne se contractant pas sensiblement, conserve à peu près ses dimensions primitives, si ce n'est en haut, vers le point où il se continue avec le premier.

Ce singulier mode de coagulation varie à l'infini, suivant les circonstances. La séparation du caillot en deux parties ne s'effectue pas si le sang est agité pendant qu'il se refroidit; elle est au contraire d'autant plus complète que le fluide est plus promptement laissé en repos, après sa sortie des vaisseaux. La forme, la capacité des vases dans lesquels le sang est reçu, la vitesse ou la lenteur avec laquelle ce fluide s'échappe des vaisseaux, l'intensité du choc et de l'agitation qu'il éprouve en tombant, soit au fond ou sur les parois latérales des vases, soit sur la masse déjà extraite, exercent une très grande influence sur la proportion du caillot noir au

caillot blanc. Toutes ces circonstances agissent de la même manière. Le sang reçu par un jet considérable et rapide dans un vase étroit, laissé immédiatement en repos, à toutes les parties de sa masse dans les mêmes conditions, et peut mettre à la coagulation, ainsi qu'à la séparation de ses éléments, tout le temps nécessaire. Au contraire, le sang reçu par une saignée baveuse, en petite nappe ou en jet mince saccadé, intermittent, tombant d'une grande hauteur sur le fond d'un vase qui n'est rempli qu'à la longue, se sépare moins complétement. Dans ce dernier cas, les premières quantités reçues sont déjà à demi coagulées que les autres sont à peine recueillies ; les unes sont battues en tombant au fond du vase, les autres se mêlent à des bulles d'air ; il en est qui se refroidissent vite lors de leur chute sur les parois, d'autres qui se refroidissent lentement et agitent les premières portions qu'elles frappent directement ; enfin quand ce sang, dont la masse est si hétérogène, vient à être abandonné à lui-même, sa coagulation s'achève trop vite pour que la séparation de ses éléments soit aussi complète que possible ; les globules de la partie supérieure ne peuvent plus descendre dans les parties inférieures qui ont acquis déjà une trop grande consistance.

Les différences qui s'observent dans les proportions respectives du caillot noir et du caillot blanc, chez les solipèdes, sont telles qu'une saignée de quelques minutes peut donner, par l'action des circonstances précitées, toutes les nuances intermédiaires entre l'état d'une coagulation presque homogène, à peu près uniformément noire, et la coagulation dans laquelle le caillot noir et le caillot blanc partagent le plus exactement possible la masse sanguine. Aussi est-il difficile de s'expliquer l'importance que les pathologistes attachent, en vétérinaire, à l'appréciation exacte des proportions des deux caillots, et d'entrevoir les résultats auxquels peut conduire l'emploi de ces éprouvettes et de ces tubes gradués que l'on a décorés du nom d'*hématomètres*.

Le mode de coagulation si remarquable du sang du cheval n'est pas tout à fait exceptionnel ; il appartient aussi à un faible degré à un grand nombre d'animaux, car on voit souvent se former, à la surface du sang coagulé des carnivores et des ruminants, une couche mince, jaunâtre, qui n'est autre chose qu'une pellicule de caillot abandonnée par les globules, c'est-à-dire un caillot blanc rudimentaire exactement semblable, aux dimensions près, à celui du cheval. La couenne inflammatoire du sang de l'homme, sur laquelle on a tant disserté, est aussi cette même couche de caillot, privée de globules et composée de fibrine imprégnée de sérum.

La coagulation du sang s'opère après la mort dans les vaisseaux comme en dehors de ceux-ci ; elle s'effectue aussi pendant la vie au sein des parties dans lesquelles ce fluide est extravasé, et même parfois dans quelques sections du système vasculaire. On sait, en effet, qu'après la mort le sang, si sa composition n'était pas profondément altérée, se coagule dans le cœur, les artères, et les veines de toutes les parties du corps. Il y forme de très longs caillots qui sont jaunes dans une partie de leur longueur, noirs dans une autre, alternativement jaunes et rouges ou encore noirs d'un côté et jaunes du côté opposé, suivant la position du corps et la situation même des vaisseaux, car la séparation du coagulum sanguin en deux parties s'y opère suivant les mêmes lois qu'en dehors de l'organisme. Le sérum s'échappe aussi du caillot à mesure qu'il se contracte, mais il traverse par imbi-

bition les parois vasculaires et va imprégner la substance des tissus, s'accumuler dans les cavités des séreuses, etc. Pendant la vie, le sang qui s'extravase dans le tissu cellulaire, celui qui est accidentellement exhalé dans les voies aériennes, dans la cavité de l'estomac, de la vessie, de l'utérus, s'y coagule aussi plus ou moins promptement. De même il se forme des coagulums sanguins dans les poches anévrysmales, dans certains points du trajet de l'aorte, des artères des membres, dans les veines du pénis et quelques veines superficielles. On trouve souvent de ces caillots très consistants, lisses à la surface et d'une cohésion remarquable dans l'aorte postérieure du cheval, dans les veines sinueuses du corps caverneux et du fourreau, dans la saphène au niveau du plat de la cuisse. Ceux de l'aorte, n'adhérant pas habituellement à la face interne du vaisseau, permettent encore au sang de passer entre eux et les parois vasculaires. Enfin, le sang se coagule aussi pendant la vie dans les veines enflammées.

La coagulabilité du sang est modifiée par l'action de plusieurs causes : elle augmente, dit-on, d'une manière sensible sous l'influence de la pléthore et de l'inflammation ; elle paraît diminuer, au contraire, à mesure que le sang s'appauvrit. La coagulation de ce fluide n'a pas lieu, d'après les observations de Davy, à la température de zéro; elle est lente et incomplète dans les affections charbonneuses, putrides, etc. Les alcalis, la potasse, la soude caustique à la dose d'un millième suffisent, suivant MM. Prévost et Dumas, pour y mettre obstacle et maintenir le sang tout à fait liquide; le sulfate de soude, le carbonate de potasse, à une dose plus forte, la retardent pendant des heures entières ; enfin, elle ne s'opérerait plus, si l'on en croit plusieurs auteurs, après la mort déterminée par une violente commotion électrique, par la foudre, l'action de l'acide cyanhydrique, etc. ; mais le fait n'est pas bien avéré : nous avons vu, M. Bouley et moi, qu'il est inexact en ce qui concerne les chevaux empoisonnés par l'acide cyanhydrique, même injecté dans les veines.

Les causes qui déterminent la coagulation du sang dans les conditions précédemment indiquées sont tout à fait inconnues. On a considéré comme telles : le refroidissement du liquide, la cessation de son mouvement, la volatilisation de quelques-uns de ses principes, l'action de l'air, etc. Mais l'influence de toutes ces circonstances, parfaitement appréciée par M. Bérard, ne peut rendre raison du phénomène. Il ne résulte pas du refroidissement, car le sang, à la température de la glace fondante, reste liquide; et le sang maintenu à la température du corps se coagule comme dans les circonstances ordinaires; il ne dérive pas de l'immobilité du liquide, puisque l'agitation ne s'oppose nullement à la solidification de la fibrine, tout en la mettant dans des conditions qui ne lui permettent plus de constituer une masse qui emprisonne les globules et retient une grande partie du sérum; enfin, elle ne peut tenir à l'action de l'air, à l'évaporation de principes volatils, attendu qu'elle s'effectue régulièrement dans le vide barométrique, sous une couche d'huile, dans des vases fermés, etc.

Quelle que puisse être la cause de la coagulation du sang, celle-ci a pour résultat de séparer ce fluide en deux parties : l'une semi-solide, appelée caillot ou *cruor;* l'autre encore fluide, appelée le *sérum*. La première partie est formée par la fibrine excessivement raréfiée et disposée en réseaux ou en feutres retenant dans leurs

mailles ou dans leurs interstices les globules et une certaine quantité du sérum avec l'albumine, les sels et les autres éléments qui sont en dissolution : la fraction blanche ou jaunâtre du caillot sanguin des solipèdes est à peu près complétement privée de globules. Sa densité, supérieure à celle du sang homogène, est égale, d'après Davy, à 1078. Le sérum, transparent, jaunâtre, d'une saveur salée, tient en dissolution l'albumine, des matières extractives, des matières grasses et des sels. Sa densité oscille de 1027 à 1029. Il se coagule à la température de 70 degrés centigrades.

Les proportions qui existent entre la masse du caillot et celle du sérum varient dans des limites assez étendues, suivant les animaux, l'état du sang, le temps qui s'est écoulé depuis la coagulation. Les chiffres donnés à cet égard par les auteurs ne concordent nullement. MM. Prévost et Dumas (1) ont trouvé sur 1,000 parties de sang, 91 parties de caillot sec dans le veau ; 92, dans le cheval ; 102, dans la chèvre ; 123, dans le chat ; 128, dans le cochon d'Inde ; 150, dans le canard, et 157, dans la poule.

Le sang examiné dans ses vaisseaux à travers des tissus diaphanes et vivants, ou immédiatement après en avoir été extrait et avant sa coagulation, se montre formé de petits globules colorés extrêmement nombreux, et d'un liquide limpide tenant en dissolution la fibrine, l'albumine, les sels et la plupart de ses autres éléments constitutifs. Ce véhicule des globules, essentiellement distinct du sérum qui se sépare après la coagulation, est ce que Müller appelle le *plasma* ou la liqueur du sang. Il faut d'abord étudier ces deux parties du fluide nutritif avant de rechercher les principes immédiats et les corps simples qui entrent dans leur composition.

Les globules du sang qui paraissent avoir été vus par Swammerdam, puis par Malpighi, qui les prit pour des corpuscules graisseux, furent très bien observés en 1673 par Leuwenhoeck et reçurent de lui le nom qui leur est resté. Pour les voir, il suffit de fixer à l'objectif du microscope la membrane interdigitale d'une grenouille vivante, le mésentère d'un petit mammifère, ou d'étendre sur cet objectif une couche fort mince de sang. Müller conseille d'ajouter au liquide, pour le délayer, soit du sérum, soit une dissolution faible de sel marin ou de sucre, mais non de l'eau ordinaire qui altère immédiatement ces globules et en change la forme.

Les globules du sang des mammifères ne sont point sphériques ; ils ont la forme de disques circulaires aplatis qui paraissent régulièrement arrondis parce qu'ils sont vus plus souvent de face que de profil. Ils sont elliptiques et aplatis dans le lama, le dromadaire, les oiseaux, les reptiles et les poissons. Il en existe de circulaires et d'elliptiques, d'après les observations de Gulliver, dans le sang de plusieurs espèces de cerfs. Leur aplatissement est en général uniforme, sans saillie ni dépression marquées au centre. Ils ont au milieu, dans tous les vertébrés ovipares, un noyau plus ou moins clair, ayant l'aspect d'une petite tache ; mais ce noyau central n'existe pas très évidemment dans les globules sanguins des mammifères.

Les globules sont presque transparents et à peine rosés lorsqu'ils se trouvent isolés ; leur couleur rouge paraît plus foncée lorsqu'ils se rapprochent beaucoup ou

(1) Burdach, *Traité de physiologie*, t. VI, p. 36.

qu'ils se rassemblent en petites masses, surtout s'ils sont vus à une lumière réfléchie. Leur volume, assez variable, est généralement moindre dans les mammifères que dans l'homme; moindre dans les ruminants que dans les carnassiers. Ils ont, d'après M. Mandl, un diamètre de 1/125 à 1/150 de millimètre dans l'homme, de 1/300 dans la chèvre. Ceux de l'homme, du chien, du porc, du lapin et du cochon d'Inde ont également, d'après MM. Prévost et Dumas, 1/338 de ligne de diamètre; ceux de l'âne, 1/365; du chat, 1/387; de la brebis, 1/451. Ils ont des dimensions bien plus considérables dans les oiseaux, les reptiles et les poissons. Ceux de la grenouille ont un grand diamètre de 1/37 de millimètre, et ceux du *Proteus anguinus* ont, dans le même sens, de 1/16 à 1/8 de millimètre.

La structure intime des globules n'est pas encore parfaitement établie. Hewson regardait déjà le globule sanguin comme une vésicule contenant un liquide et un noyau central; Müller (1) admet également cette structure. L'enveloppe du globule forme, selon ce dernier, une membrane pellucide, transparente et incolore, qui est pleine d'une matière colorante rouge, tout à fait fluide, au milieu de laquelle se trouve le noyau. Les globules du sang de grenouille plongés dans l'eau se gonflent, perdent leur forme elliptique et deviennent sphéroïdaux; bientôt ils sont tout à fait incolores par suite de la dissolution de leur matière colorante que l'eau a remplacée à l'intérieur de la vésicule; si la macération continue, l'enveloppe se détruit et le noyau est mis à nu. Ces globules, s'ils sont mis en contact avec l'acide acétique au lieu de l'être avec l'eau, paraissent se dissoudre en partie; la matière colorante est attaquée et extraite par l'acide, l'enveloppe extérieure crispée dessine encore ses contours à la surface du noyau demeuré intact. Donné, Schwann, Schultz, adoptent, à quelques variantes près, la texture vésiculeuse des globules.

Quant au noyau central, il existe évidemment dans les globules sanguins des vertébrés ovipares et des reptiles en particulier; il est indiqué déjà, à la seule inspection microscopique, par le point plus ou moins brillant qui paraît au milieu du globule, et il y forme même parfois une saillie dans certains animaux. Ce noyau devient libre par suite d'une macération prolongée des globules dans l'eau, ou par leur séjour dans l'acide acétique étendu. Sa présence a été signalée pendant la vie fœtale dans le sang des mammifères, mais elle n'a pas encore été établie d'une manière incontestable, en ce qui concerne le sang de ces animaux aux diverses phases de la vie extra-utérine. Quoi qu'il en soit, le noyau des globules est incolore, arrondi, insoluble dans l'eau, peu attaquable par l'acide acétique, soluble dans les alcalis; il paraît constitué par un principe de nature fibrino-albumineuse et une matière grasse.

Les globules rouges du sang jouissent d'une certaine souplesse; ils se déforment et s'aplatissent considérablement par la compression entre des lames de verre, puis reviennent à leurs dimensions premières, en vertu de leur élasticité, dès qu'ils sont libres. On les a vus se rétrécir et s'allonger en passant dans les plus petits vaisseaux capillaires des parties transparentes; ils se conservent intacts dans le sang battu et défibriné; ils se gonflent, se décolorent dans l'eau et finissent par y perdre leur enveloppe; ils se dissolvent dans l'éther et dans les alcalis, perdent

(1) *Ouv. cit.*, trad. française d'A. J.-L. Jourdan. Paris, 1851, 2e édit., t. I, p. 93.

leur pellicule dans la bile; leur matière colorante se coagule par l'alcool et les acides minéraux, elle s'avive par l'action de l'oxygène, du sulfate de soude, du nitrate de potasse; enfin ils éprouvent, sous le rapport de leur couleur et de leur composition, diverses altérations dès qu'ils sont mis en contact avec l'acide carbonique, le sulfhydrate d'ammoniaque, etc. Abandonnés à eux-mêmes, soit au milieu des autres éléments du sang, soit tout à fait isolés de ceux-ci, ils ne tardent pas à laisser échapper une partie de leur matière colorante, et à entrer en putréfaction.

Indépendamment de ses globules rouges, le sang possède encore d'autres globules peu nombreux, incolores et parfaitement distincts des premiers. Ceux-ci, qui paraissent provenir du chyle et de la lymphe, sont loin d'offrir des caractères uniformes. Les plus petits, d'un volume inférieur aux globules rouges, ne dépassent jamais 1/300 de millimètre de diamètre; ils sont sphériques, homogènes, granuleux, insolubles dans l'eau, inaltérables dans l'acide acétique. Les plus grands ont des dimensions supérieures aux globules rouges, leur diamètre égale souvent 1/100 de millimètre. Ils sont sphériques, incolores, transparents, avec un reflet argentin très remarquable. Quelques-uns d'entre eux offrent des bosselures qu'on voit se former, disparaître et changer plusieurs fois d'aspect comme les globules hérissés de la lymphe décrits par MM. Gruby et Delafond. Tous ces globules incolores, très peu nombreux, relativement à ceux du sang, ne semblent nullement différer des globules du chyle et de la lymphe; aussi doivent-ils être considérés comme étant versés dans le système sanguin par le canal thoracique et le tronc lymphatique droit, car rien ne démontre que les corpuscules des fluides blancs soient immédiatement et totalement détruits à mesure qu'ils se mêlent à la masse du sang. Peut-être même les plus petits d'entre eux sont-ils susceptibles, en se modifiant, sous l'influence de la respiration, de donner naissance à de véritables globules sanguins.

Le véhicule qui tient en suspension les globules, c'est-à-dire le fluide plastique ou le plasma du sang, est formé, pour la plus grande partie, des principes constitutifs de ce dernier. En jetant sur un filtre le sang d'un batracien, immédiatement à sa sortie du vaisseau, on obtient la séparation des globules d'avec leur véhicule. Les globules dont le diamètre est très considérable, restent sur le filtre, et le plasma non encore coagulé le traverse. Celui-ci se présente sous l'aspect d'un fluide jaunâtre, transparent comme la lymphe, coagulable comme elle: une fois qu'il s'est pris en masse, il laisse échapper un sérum limpide tout à fait semblable au sérum du sang normal. Conséquemment ce plasma isolé renferme la fibrine, l'albumine et tous les éléments du sang étrangers aux globules; il constitue la partie essentiellement assimilable du fluide nutritif, celle qui sert à la nutrition des organes et aux sécrétions. C'est cette partie plastique qui se renouvelle avec une extrême rapidité après les hémorrhagies excessives ou les saignées très abondantes; c'est elle qui a son point de départ dans le travail de l'absorption chylifère et lymphatique, car elle paraît être principalement composée par le fluide mixte que le canal thoracique verse en si grande abondance dans le torrent circulatoire, fluide mixte privé de sa graisse et de ses globules. Il importe donc de ne pas confondre, à l'exemple de plusieurs auteurs, le plasma du sang avec le sérum qui se sépare du caillot provenant du sang extrait des vaisseaux.

§ II. — De la constitution chimique du sang.

La composition chimique du sang est fort compliquée. Ce fluide qui donne tous les éléments des organes et tous les principes constitutifs des produits de sécrétion doit nécessairement renfermer tous les corps simples qui se retrouvent dans les diverses parties de l'organisme, ainsi que la plupart des composés qui en dérivent. L'analyse y a démontré l'existence de plusieurs principes immédiats, la fibrine, l'albumine, la globuline, l'hématine, celle de diverses matières, grasses, colorantes, extractives, de plusieurs acides libres, tels que les acides acétique, butyrique, d'un grand nombre de sels, les chlorures de sodium et de potassium, le sulfate de potasse, les carbonates de soude, de chaux, de magnésie, les phosphates des mêmes bases; enfin elle y a reconnu la présence de l'oxygène, de l'acide carbonique libres, du fer, du cuivre, du plomb et quelquefois du manganèse : elle y découvrira plus tard, à mesure que les procédés se perfectionneront, un nombre considérable de substances que l'absorption y amène continuellement des voies digestives et des diverses parties de l'économie, que les réactions intimes y développent ou y transforment, soit pour y demeurer un certain temps, soit pour concourir à la formation des produits de sécrétion.

La fibrine, vaguement entrevue par les anciens qui admettaient dans le sang des filaments particuliers, a été considérée par Home, Prévost, Dumas et d'autres auteurs, comme dérivant des globules sanguins dépouillés de leur matière colorante; mais Müller a démontré, d'une part, que cette substance est étrangère aux globules, ainsi que Hewson l'avait soupçonné, et d'autre part qu'elle se trouve en dissolution dans la partie fluide ou plastique du sang.

Cet habile observateur a vu qu'en étendant une gouttelette de sang encore liquide et délayé dans du sérum, sur l'objectif du microscope, il se formait bientôt un coagulum fibrineux qui, saisi avec la pointe d'une aiguille, permettait de déplacer tous les globules en même temps, si dispersés qu'ils fussent. Ce résultat ne se produisait point tant que la fibrine dissoute n'établissait aucune adhérence entre les globules disséminés. De plus, Müller a observé qu'en faisant tomber sur un filtre de papier mouillé du sang de grenouille, immédiatement à sa sortie des vaisseaux, les globules, qui sont quatre fois plus gros que ceux des mammifères, restent intacts sur le filtre, tandis que la fibrine, encore liquide, traverse ce dernier avec les éléments du plasma, et finit par se coaguler à la manière ordinaire. Elle reste en dissolution si le liquide filtré est reçu dans l'acide acétique, enfin elle se coagule imparfaitement et avec lenteur si elle se trouve en contact avec une solution de sulfate de soude ou d'azotate de potasse.

Les agents qui tiennent ainsi la fibrine en dissolution dans le sang sont tout à fait inconnus. Peut-être le mouvement rapide et incessant que ce fluide éprouve en masse, l'agitation intérieure que ses globules communiquent à toutes ses particules, et le liquide sécrété continuellement par la membrane interne des vaisseaux, sont-ils les deux causes principales qui la maintiennent dans cet état?

La fibrine, qui paraît exister en grande quantité dans le sang, en raison du volume et de la consistance du caillot, n'y est cependant qu'en proportion fort mi-

nine. Les analyses des professeurs Andral, Delafond et Gavarret (1) ont appris que cette quantité oscille, suivant les espèces, de 2 à 5 millièmes. D'après leurs observations, le sang contient en moyenne, sur 1000 grammes, 4 grammes de fibrine dans le cheval, 3gr,7 dans le bœuf, 3gr,1 dans le bélier, 2gr,1 dans le chien et 4gr,6 dans le porc. Nasse est arrivé à des résultats analogues, ainsi qu'on peut le voir par le tableau que je reproduirai plus loin. Le sang contient par conséquent, terme moyen, trois fois autant de fibrine que le mélange de lymphe et de chyle charrié par le canal thoracique, car ce dernier fluide mixte n'en contient qu'à peu près 1 millième, d'après les analyses de M. Lassaigne données au livre de l'*absorption*.

L'albumine existe dans le sang, comme la fibrine, à l'état de dissolution, et elle y reste constamment dissoute, lorsque ce fluide extrait des vaisseaux s'est complétement coagulé. Sa présence est démontrée par la coagulation du sérum porté à la température de 70 degrés centigrades, ou par l'action de l'alcool et de l'acide azotique, qui précipitent cette substance sous la forme de flocons blancs très abondants; elle l'est encore à l'aide d'un instrument particulier fondé sur le principe de la déviation à gauche que l'albumine opère dans la lumière polarisée.

La proportion d'albumine qui existe dans le sang est quinze à vingt fois plus considérable que celle de la fibrine. D'après M. Denis, elle est de 60 à 65 parties sur 1000, pour le sang du cheval, de 50 pour le sang du jeune bœuf, de 54 pour celui du veau, de 58 pour celui du chien, et de 45 pour celui de la poule. Nasse indique 67 millièmes pour le cheval, 66 pour le bœuf, 68 pour la brebis, 72 pour le porc, et 65 pour le chien. La proportion d'albumine dans le sérum s'élève à un chiffre plus fort que dans le sang entier; elle est de 80 millièmes dans le sérum du sang humain, d'après les analyses de Berzelius. Le mélange de chyle et de lymphe charrié par le canal thoracique renferme déjà 28 millièmes de ce principe, c'est-à-dire à peu près la moitié de ce qui existe dans le sang de nos espèces domestiques.

L'abondance de l'albumine dans le sang s'explique par l'utilisation de cette substance à la nutrition du tissu cellulaire, du tissu fibreux, du système nerveux, de la peau, des membranes muqueuses, et aux sécrétions du système cellulaire, des membranes séreuses, de la muqueuse intestinale; elle s'explique encore par la participation de l'albumine à la nutrition du système musculaire, car ce principe se transforme aisément en fibrine dans les actes de l'assimilation, et d'autant mieux que la transformation peut s'opérer sans changements chimiques. Il y a longtemps, en effet, que Berzelius a considéré la fibrine et l'albumine comme une même substance sous deux formes différentes, et depuis, leur identité ou leur presque identité de composition a été admise par les plus habiles chimistes, Chevreul, Denis, Liebig, Dumas, Mülder, entre autres.

L'albumine paraît exister dans le sang sous plusieurs états distincts, qui ont été reconnus par certaines particularités dans la manière dont ce principe immédiat se comporte à l'égard des réactifs. Mais les distinctions établies entre ces divers états ne sont pas tellement importantes et incontestables qu'il soit utile de s'y arrêter.

Les globules du sang, qui représentent, d'après les recherches de MM. Andral,

(1) *Recherches sur la composition du sang des animaux domestiques* (*Annales de chimie et de physique*, t. V, 3e série).

Gavarret et Delafond, en moyenne, de 101 à 104 millièmes de la masse du sang dans le cheval, de 97 à 101 millièmes dans le bœuf, de 95 à 101 dans l'espèce bovine, de 105 dans le porc, et de 148 dans le chien ; les globules, dis-je, contiennent une très forte proportion d'un principe de nature albuminoïde, qu'on a appelé la globuline. Ce principe, dont l'existence a été signalée pour la première fois par Gmelin, se sépare en faisant bouillir avec de l'alcool le sang fouetté qu'on filtre ensuite ; la globuline, qui a traversé le filtre, se précipite par le refroidissement sous forme de flocons encore un peu colorés par de la matière rouge qui y est restée adhérente. On l'obtient encore en traitant d'abord les globules isolés par l'acide sulfurique, puis en soumettant le mélange à l'action de l'alcool bouillant, qui dissout le sulfate de globuline et le laisse se précipiter ensuite par le refroidissement.

La globuline se dissout dans l'eau, se coagule par l'action de la chaleur, se précipite par l'acide sulfurique et les sels métalliques ; mais elle se distingue de la caséine, avec laquelle elle a une grande analogie, en ce qu'elle n'est pas coagulée par la pepsine, à moins qu'elle n'ait été préalablement mêlée à du sucre de lait. On ne sait pas encore sous quel état ce principe existe dans les globules, s'il en forme l'enveloppe extérieure transparente, ou s'il en constitue le contenu par son association à la matière colorante.

L'hématine ou l'hématosine est la matière colorante rouge des globules du sang. Elle s'isole par plusieurs procédés, dont le plus simple, proposé par Müller, consiste à traiter par l'eau distillée les globules du sang, préalablement séparés des autres éléments du liquide et convenablement lavés : l'eau distillée dissout la matière colorante des globules jetés sur le filtre, et passe avec celle-ci à travers ce filtre. Par ce moyen, on a une dissolution aqueuse d'hématine qui devient anhydre par l'évaporation. A l'aide d'autres procédés chimiques très compliqués on extrait complétement toute l'hématine contenue dans une quantité quelconque de sang, et on l'obtient très pure, mais modifiée à tel point qu'elle est devenue insoluble dans l'eau.

L'hématine obtenue par le premier procédé est soluble dans l'eau, l'alcool bouillant et l'éther ; elle rougit au contact de l'oxygène, du chlorure de sodium, du sulfate de soude, noircit par l'action du gaz acide carbonique ; elle se coagule, comme l'albumine, par l'action de la chaleur, des acides minéraux, des sels métalliques. La même matière, extraite par une longue série de manipulations, est insoluble dans l'eau, l'alcool à tous les degrés, l'éther sulfurique, etc. ; néanmoins elle se dissout dans ces véhicules s'ils sont mêlés à une faible quantité d'oyxdes alcalins, de soude ou de potasse, par exemple. Quel que soit du reste son mode d'extraction, l'hématine est formée de carbone, d'hydrogène, d'azote, d'oxygène et de fer ; elle ne contient pas de soufre ni de phosphore comme les substances protéiques.

Le fer, qui forme 66 millièmes de l'hématine du sang de bœuf, ne s'y décèle que par la calcination. Le tannin, l'acide gallique, le cyanure de potassium, n'exercent pas sur lui l'action qu'ils produisent sur les sels et les oxydes de ce métal. Aussi Berzelius et Mülder pensent que le fer existe dans la matière colorante à l'état métallique en combinaison avec le carbone, l'hydrogène, l'azote et l'oxygène. Il s'y oxyderait seulement par le fait de l'incinération. La part de ce métal à la coloration de l'hématine ne paraît pas être aussi grande que certains physiologistes le pensent. Il semble même résulter des expériences de Gmelin que le fer puisse être soustrait à la matière colorante sans que celle-ci cesse d'être rouge.

Dans tous les cas, le chlore la décolore, et l'ébullition dans l'alcool produit à peu près le même résultat sans lui enlever le fer.

L'hématine est tout à fait étrangère à l'enveloppe du globule à l'intérieur de laquelle elle est renfermée ; elle est indépendante aussi du noyau central des globules chez les animaux où il existe, les reptiles par exemple, car l'eau et l'acide acétique la dissolvent entièrement dans le sang de la grenouille, et laissent les noyaux intacts sous forme d'une poudre blanchâtre. Sa proportion est très faible dans la composition des globules ; car, d'après M. Lecanu, les 119 à 133 millièmes de globules du sang humain ne contiennent guère plus de 2 millièmes de matière colorante : le reste est formé par le principe dont nous avons parlé tout à l'heure sous le nom de *globuline*.

Les matières grasses du sang se trouvent dans ce liquide sous différents états, et en assez forte proportion. Les unes y sont en nature et tout à fait libres, comme dans le chyle dont elles proviennent ; les autres y sont dédoublées et transformées en acides libres ou associées aux alcalis de ce fluide ; enfin il en est qui sont combinées en certaine proportion avec le phosphore, de même que la matière grasse des centres nerveux.

La graisse non modifiée qui existe en plus ou moins grande quantité dans le sérum du sang y est surtout abondante pendant les périodes de la digestion intestinale, particulièrement chez les animaux carnivores. Elle donne au sérum, plusieurs heures après le repas, une teinte légèrement opaline ; mais elle ne le rend pas alors habituellement trouble et opaque, comme certains auteurs le disent, depuis qu'un médecin anglais a annoncé que le sérum du sang humain devenait déjà blanchâtre une heure après le repas, c'est-à-dire à un moment où le travail de la digestion intestinale est à peine commencé. Elle n'est jamais en assez forte proportion dans le sang du cheval, du bœuf et des autres herbivores, pour donner au sérum de ceux-ci une telle apparence. Cette graisse libre ne fait pas réellement partie constituante du sang, elle ne reste mêlée à ce fluide que jusqu'au moment où elle peut être, soit dédoublée et associée aux alcalis, soit déposée dans le tissu adipeux, ou enfin détruite par la combustion respiratoire.

La matière grasse phosphorée indiquée par M. Chevreul, et semblable à celle dont Vauquelin avait reconnu la présence dans le cerveau, est associée à la fibrine et aux matériaux du sérum. Séparée par l'action de l'éther, elle cristallise en lamelles brillantes, insolubles dans l'alcool à la température ordinaire ; elle se distingue éminemment des autres graisses, en ce qu'elle ne peut se combiner avec les alcalis, et surtout en ce qu'elle renferme, de plus que les autres, de l'azote, du soufre et du phosphore.

La cholestérine se trouve en petite proportion dans les principes fixes du sérum, dont elle peut être isolée par l'alcool bouillant. Elle cristallise en lames brillantes, nacrées, entre en fusion à 137 degrés centigrades, se volatilise sans altération, et présente en un mot tous les caractères de la cholestérine de la bile et des calculs biliaires.

La séroline, découverte par M. Boudet, se trouve aussi dans le sérum ; elle est remarquable par sa blancheur, sa cristallisation en filaments ou en aiguilles, sa grande flexibilité, et par la propriété qu'elle possède de dégager de l'ammoniaque à la distillation ; elle n'est point saponifiable.

Les graisses dédoublées, c'est-à-dire à l'état d'acides stéarique, oléique et margarique, existent dans le sang, associées aux alcalis ou saponifiées; quelquefois même, d'après M. Lecanu, ces acides gras seraient, en certaine quantité, tout à fait libres.

La proportion totale des matières grasses du sang doit varier sensiblement, surtout suivant l'état de la digestion et le degré d'embonpoint ou de maigreur des animaux, mais elle n'a pas encore été bien étudiée en ce qui concerne nos espèces domestiques. Nasse indique pour 1 000 parties de sang: 1,3 de graisse dans le cheval, 2 dans le bœuf, 1,6 dans le veau, 1,1 dans la brebis, 1,9 dans le porc, 2,2 dans le chien, 2,7 dans le chat. Je fais remarquer en passant que, d'après la moyenne de ces chiffres disparates, la graisse du sang représente plus de la moitié de la quantité de fibrine de ce fluide.

Parmi les autres substances organiques qui entrent dans la composition du sang se placent, à la suite des précédentes, la caséine, la créatine, deux matières extractives spéciales, une matière colorante jaune, le sucre, l'urée et divers acides organiques dont la présence a été reconnue dans les produits de sécrétion avant de l'être dans le fluide nutritif.

La caséine, depuis longtemps signalée par Moiroud dans le sang d'une ânesse morte à la suite du part, a été trouvée par M. Dumas, et ensuite par d'autres observateurs, dans le sang, à l'état normal, dont elle s'extrait sans grandes difficultés. Elle paraît tenue en dissolution dans le sérum par l'action des alcalis. Sa composition est la même que celle de la caséine du lait et de la farine; elle est identique aussi avec la composition élémentaire de l'albumine.

La créatine, qui se trouve en notable quantité dans les chairs des animaux, existe en petite proportion dans le sang. C'est une substance très azotée, insipide, inodore, très soluble dans l'eau, qui cristallise en petits cubes ou en aiguilles. Sa présence a été constatée dans le fluide nutritif lorsque les chimistes se sont décidés à opérer sur de grandes masses de sang.

Les deux matières extractives, encore peu caractérisées, qui existent en solution dans le sérum, sont l'une soluble dans l'eau et dans l'alcool, et l'autre soluble dans l'eau seulement; elles ne se coagulent ni spontanément, comme la fibrine, ni sous l'influence de la chaleur et de divers réactifs, comme le fait l'albumine. M. Bérard pense qu'elles sont des produits de la digestion et du travail de la décomposition des parties, produits destinés à se transformer en fibrine, en albumine et en globules.

La matière colorante jaune, qui teint le sérum du sang et le caillot fibrineux séparé des globules, paraît être la même que celle de la bile. Très probablement le foie, au lieu de la produire, ne fait que la séparer du sang pour en amener l'élimination. C'est peut-être aussi cette matière qui donne à la sérosité du tissu cellulaire, des membranes séreuses et à la lymphe, la teinte citrine qui leur est commune, à de légères nuances près, avec le sérum du sang.

Le sucre peut être considéré comme un des éléments constitutifs du sang, bien que sa présence dans ce fluide ne soit pas toujours facile à démontrer. Il est, de même que la graisse, apporté dans le torrent circulatoire avec les autres produits de la digestion; et il y est versé en proportion considérable chez les herbivores par suite de la transformation de la fécule en glucose, sous l'influence des liquides intestinaux. De plus, une partie du sucre du sang aurait son point de

départ dans le foie, qui, d'après M. Bernard, le fabriquerait de toutes pièces, ce que nous examinerons, du reste, en traitant des sécrétions. Ce principe immédiat, qui se détruit avec rapidité, existe en forte proportion dans le sang et les urines des diabétiques.

L'urée, qu'on avait trouvée d'abord dans certaines circonstances morbides, ou après l'ablation des reins, a été reconnue dans le sang, à l'état normal, par MM Verdeil et Dolfus, qui, en opérant sur de grandes quantités, ont pu découvrir encore plusieurs autres substances nouvelles, ou dont l'existence était considérée comme accidentelle et anormale. Ce principe azoté, très soluble, cristallisable sous forme d'aiguilles prismatiques, se comporte à l'égard des acides azotique et oxalique comme une base salifiable. Il est éliminé par la sécrétion urinaire.

L'acide urique, si abondant dans l'urine des oiseaux et des reptiles, l'acide hippurique, depuis si longtemps signalé dans les urines du cheval et des autres herbivores, l'acide acétique, l'acide butyrique et d'autres encore, ont été reconnus dans le sang de divers animaux à l'état normal; mais peut-être quelques-uns d'entre eux résultent-ils des altérations que ce fluide éprouve par le fait des moyens analytiques.

Les sels qui entrent dans la constitution du sang représentent 6 à 7 millièmes du poids total de ce fluide. Les uns sont des sels minéraux, le chlorure de sodium, le chlorure de potassium, les sulfates de soude et de potasse, les phosphates alcalins, les carbonates de soude, de chaux et de magnésie. Les autres sont des sels organiques à base minérale, les lactate, oléate et margarate de soude. Parmi eux, le chlorure de sodium représente, à lui seul, à peu près la moitié de la masse totale; les autres sels solubles prédominent, et le phosphate de chaux insoluble y est en très petite quantité.

Tous ces sels, sans exception, paraissent tenus en dissolution dans le fluide plastique ou fixés à quelques-uns de ses principes immédiats. Ils sont nécessaires, non-seulement au maintien régulier de l'état et des propriétés du sang, mais encore et surtout à la nutrition et aux sécrétions. On sait, en effet, quelle énorme quantité de sels réclament, le développement des os, l'accroissement de tous les tissus, la fabrication de la salive, de la bile, du lait, des sucs intestinaux, etc.

Le fer entre dans la constitution du sang de tous les animaux dont ce fluide a pu être soumis à l'analyse. Il est, comme on le sait, fixé à la matière colorante des globules, à l'état métallique, d'après Mulder, Berzelius; d'oxyde, suivant Engelhart, Dumas; de sel, d'après Liebig et quelques autres. Le sang, d'après Nasse, donne 7 dix-millièmes d'oxyde de ce métal dans le cheval, 7 dans le bœuf, 6 dans le veau, 5 dans la brebis, 7 dans le chien et le porc. Suivant les analyses de M. Lecanu, 100 parties d'hématine donneraient dans le bœuf 12 parties de peroxyde, c'est-à-dire à peu près 8 grammes et demi de fer métallique. En admettant qu'il y ait, comme l'indique Nasse, 0,786 d'oxyde de fer sur 1000 parties de sang dans le cheval, je trouve qu'un animal de cette espèce, dont les vaisseaux renfermeraient 25 kilogrammes de sang, aurait 19^{gr},65 de peroxyde de fer, représentant 13 grammes 626 milligrammes de fer métallique.

Le cuivre, le plomb et le manganèse existent aussi dans le sang à l'état normal, mais en proportion extrêmement minime. Très probablement ces métaux, intr-

duits dans l'économie par les aliments et les boissons, ne sont pas nécessaires à la constitution du fluide nutritif.

Enfin le sang contient de l'oxygène, de l'acide carbonique et de l'azote libres en proportion assez considérable. 100 volumes de sang artériel contiennent, d'après les intéressantes recherches de Magnus, 2,4 d'oxygène, 6,5 d'acide carbonique, 1,5 d'azote, représentant en somme $10^{vol},4$ de gaz. La même quantité de sang veineux contient 1,1 d'oxygène, 5,5 d'acide carbonique et 1 d'azote, en tout $7^{vol},6$. Conséquemment le sang artériel contient plus d'oxygène et plus d'acide carbonique que le sang veineux ; mais le sang veineux renferme proportionnellement moins d'oxygène et plus d'acide carbonique que le sang artériel.

On ne sait si ces gaz sont simplement en dissolution dans la partie fluide du sang, ou, ce qui est plus probable, s'ils sont en combinaison avec certains de ses éléments. Dans tous les cas, ils se dégagent, en reprenant leur état aériforme, sans grandes difficultés.

Tels sont les éléments constitutifs du sang à l'état normal. Leurs proportions respectives sont indiquées, pour nos divers animaux domestiques, dans le tableau suivant donné par Nasse il y a une dizaine d'années.

§ III. — Des modifications des propriétés et de la composition du sang.

Le fluide que nous venons d'étudier, d'une manière générale, éprouve des modifications nombreuses sous le rapport de sa quantité, de la proportion de ses éléments et de la constitution de ces derniers. Une partie de ces modifications tiennent à l'état des fonctions, notamment à celui de la digestion, des sécrétions, et sont compatibles avec l'entretien de la santé la plus parfaite ; les autres deviennent le point de départ plus ou moins éloigné de divers états morbides, ou sont la conséquence de la maladie.

La masse du sang augmente aux dernières périodes d'une digestion qui fournit aux absorbants une grande quantité de principes nutritifs et de liquides ; elle augmente de même chez les animaux qui passent d'un régime de privation à un régime abondant, comme les herbivores sauvages au retour de la belle saison, les chevaux et les bœufs mis au pâturage au printemps, les moutons qui paissent sur les chaumes couverts d'épis, les oiseaux granivores vers la fin de l'été, etc. Elle diminue chez les animaux qui s'épuisent par le travail, le défaut ou l'insuffisance de l'alimentation, l'abstinence plus ou moins prolongée. Tous les observateurs ont constaté le fait en ce qui concerne les animaux qu'on prive de nourriture pendant longtemps, et ceux qu'on laisse mourir de faim. La diminution chez certains animaux est fort rapide, et arrive à un haut degré, car Collard de Martigny a vu la masse du sang du lapin privé d'aliments se réduire le troisième jour aux 6 dixièmes, le septième aux 4 dixièmes et le onzième aux 2 dixièmes de son chiffre primitif et normal.

La masse du sang, lorsqu'elle a été réduite, dans de fortes proportions, par des émissions directes ou des hémorrhagies, revient très vite à son taux habituel ou à peu près. Girard ayant tiré à une jument de taille moyenne 10 000 grammes de sang le premier jour, 10 000 le second, 8 000 le troisième, 8 000 le quatrième, 7 000 le cinquième, 9 000 le sixième, recueillit encore à l'ouverture du cadavre,

TABLEAU

de la composition chimique du sang des animaux domestiques.

	HOMME	CHIEN.	CHAT.	CHEVAL	BOEUF.	VEAU.	CHÈVRE	BREBIS.	LAPIN.	COCHON.	OIE.	POULE.
Eau.	798,402	790,50	810,02	804,75	799,590	826,44	839,44	827,765	817,30	768,945	814,884	793,42
Globules.	116,529	123,85	113,392	117,13	121,865	102,803	85,998	92,425	170,72	145,532	121,450	144,57
Albumine.	74,194	65,19	64,46	67,58	66,901	56,414	62,705	62,705		72,875	50,976	48,52
Fibrine	2,233	1,93	2,418	2,41	3,620	5,757	3,920	2,970	3,80	3,950	3,360	4,67
Graisse	1,970	2,25	2,7	1,31	2,045	1,610	0,91	1,161	1,90	1,950	2,560	2,63
Phosphate alcalin . .	0,823	0,730	0,607	0,844	0,468	0,957	0,402	0,395	0,637	1,362	1,135	0,945
Sulfate de soude. . .	0,202	0,197	0,201	0,213	0,181	0,269	0,265	0,348	0,202	0,089	0,090	0,100
Carbonate alcalin . .	0,956	0,789	0,919	1,104	1,071	1,263	1,202	1,498	0,970	1,198	0,824	0,350
Chlorure de sodium.	4,690	4,490	5,274	4,659	4,321	4,864	5,186	4,895	4,092	4,287	4,246	5,392
Oxyde de fer.	0,834	0,714	0,516	0,786	0,731	0,631	0,641	0,589	»	0,782	0,812	0,743
Chaux.	0,183	0,07	0,136	0,107	0,098	0,130	0,110	0,107	»	0,085	0,120	0,174
Acide phosphorique .	0,201	0,208	0,263	0,123	0,123	0,109	0,129	0,113	»	0,206	0,119	6,935
Acide sulfurique. . .	0,052	0,013	0,022	0,026	0,018	0,018	0,023	0,044	»	0,041	0,039	0,010
Magnésie	0,015	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0,018	»
Silice.	0,043	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0,056	»

après cette même saignée, 5 000 grammes de liquide; en tout, 57 000 grammes. Un autre cheval de forte taille donna le premier jour 15 000 grammes de sang, 12 500 le troisième, 13 000 le cinquième, 11 000 le septième, et après la mort, qui suivit celle-ci, 4 500; en somme, 56 000 grammes. Or, chez ces deux solipèdes, qui n'avaient probablement, en raison de leur stature, pas plus de 25 000 à 26 000 grammes de sang, il a suffi de six à sept jours pour qu'il se formât une quantité de sang égale et même supérieure à celle qui existait primitivement dans les vaisseaux. Cette réparation si prompte du sang dans des conditions aussi défavorables, et alors que la digestion, ralentie ou suspendue, cesse de fournir des matériaux, ne donne point encore une idée de la rapidité avec laquelle ce fluide se renouvelle à l'état normal, rapidité qu'expliquent très bien les résultats de mes expériences sur la formation du chyle et de la lymphe. Mais nous traiterons ce sujet, au chapitre de la nutrition, avec tous les développements qu'il comporte.

Parmi les divers éléments constitutifs du sang, l'eau est celui dont les proportions varient dans les limites les plus étendues. La quantité de ce fluide oscille, pour ainsi dire constamment, sous l'influence des sécrétions qui le soustraient et de l'absorption qui le restitue. Elle diminue rapidement par suite de la transpiration abondante qu'éprouvent les animaux employés à des exercices pénibles, pendant les saisons chaudes, par l'effet de la salivation copieuse qui s'opère lorsque les animaux font usage de fourrages desséchés. Il est certain qu'un bœuf ou un cheval, dont les glandes salivaires ont enlevé au sang 20 litres d'eau pendant que l'animal a mangé 5 kilogrammes de foin, doit avoir le sang bien moins aqueux à la fin du repas qu'au commencement, quoique l'absorption intestinale ait apporté dans les vaisseaux des fluides destinés à remplacer ceux que le sang perdait. Schultz a déjà constaté que le sang d'un bœuf contenait 775 millièmes d'eau après une privation de boissons ayant duré vingt-quatre heures, tandis que le même liquide en renfermait 840 après que le ruminant se fut abondamment abreuvé. Ces variations sont réglées par les rapports qui existent entre l'activité de l'absorption et celle de la sécrétion. Evidemment l'absorption fait pénétrer lentement et d'une manière successive les liquides avec les matières qu'ils tiennent en dissolution, et les sécrétions, celle des reins principalement, les font disparaître à mesure, de manière à entretenir l'équilibre dans la constitution du sang; mais comme la compensation n'est pas établie immédiatement et exactement entre ces deux opérations, l'eau est en proportion plus ou moins forte, suivant les circonstances. Les chimistes doivent prendre ce point en grande considération, afin de donner des moyennes à peu près rigoureuses.

Les principes fixes du sang diminuent en masse quand l'élément aqueux augmente, et réciproquement, tout en conservant les uns par rapport aux autres les mêmes proportions. Mais ces proportions peuvent aussi changer de mille manières, par suite de la diminution ou de la surabondance d'un seul ou de plusieurs principes, comme la fibrine, l'albumine, les sels, etc.

La fibrine augmente très sensiblement dans les phlegmasies, notamment dans les pneumonies, les pleurésies, d'après les recherches des professeurs Andral, Delafond et Gavarret, recherches dont les résultats ont été confirmés par d'autres expérimentateurs. Cette augmentation est telle que ce principe, dont la quantité

moyenne est de 3 à 4 millièmes, s'élève jusqu'au chiffre de 10 millièmes; mais elle n'entraîne pas une augmentation correspondante de l'albumine et des globules. La fibrine paraît diminuer sensiblement dans les pyrexies et chez les sujets prédisposés aux hémorrhagies, et alors le sang perd de sa plasticité; néanmoins celle-ci n'est pas exactement en rapport avec le chiffre de la fibrine, attendu que chez le chien, dont le sang est moins fibrineux que celui du porc, du cheval, du bœuf et même du mouton, les hémorrhagies traumatiques s'arrêtent avec une grande facilité. La diminution est peu considérable à la suite des émissions sanguines abondantes, car la fibrine enlevée se trouve bientôt remplacée par celle que verse en si grande quantité le système lymphatique dans le torrent circulatoire.

L'albumine diminue un peu dans les maladies inflammatoires, à mesure que la fibrine augmente, et très sensiblement dans l'albuminurie, l'anasarque et les hydropisies; mais alors sa diminution est plutôt la conséquence que la cause de ces affections, car il faut de toute nécessité que le chiffre de l'albumine baisse dès qu'une forte proportion de cette substance est tirée du sang pour former la sérosité ou pour être éliminée avec les urines.

La proportion des globules éprouve des variations moins étendues, en général, et beaucoup plus lentes que celles des éléments dont il vient d'être question. MM. Andral, Gavarret et Delafond ont trouvé que chez le chien leur quantité oscille de 127 à 176 millièmes, et M. Denis a constaté que le sang de ce carnivore, qui présentait au moment de la naissance 167 millièmes de globules, n'en avait plus que 99 à l'âge de trois mois. La somme de ces corpuscules précieux diminue aussi dans les affections hydrohémiques, et notamment dans la cachexie aqueuse des bêtes ovines, d'après les recherches de M. Delafond. Il en est de même chez le cheval, dans quelques rares circonstances, et alors le fait se traduit par une réduction considérable dans le volume du caillot noir, dans lequel descendent les globules. Ainsi j'ai vu le sang des veines et des artères, tiré dans des éprouvettes graduées de 18 centimètres de hauteur, donner un caillot noir haut seulement de 2 centimètres, c'est-à-dire le neuvième de la colonne sanguine, au lieu de la moitié comme à l'état normal. Du reste, les globules constituent l'une des parties du sang qui se réparent, avec le plus de lenteur, quelle que soit la cause qui en ait fait diminuer la proportion.

Les matières grasses éprouvent, sous le rapport de leur quantité, des variations dont les plus fréquentes sont liées à l'état de la digestion et à l'activité de l'absorption du chyle. Les autres, plus rares, mais plus prolongées, tiennent à la présence des matières grasses modifiées dont le sang ne se débarrasse qu'avec difficulté. Il paraît, d'après les observations faites jusqu'à ce jour, que le sang doit à la surabondance de ces matières la teinte plus ou mains blanche qu'il offre quelquefois en masse, ou seulement dans sa partie séreuse. M. Lassaigne (1) s'est assuré que le sérum du sang d'une ânesse morte à la suite d'une métrite devait sa teinte blanchâtre, comme celle du lait, et son opacité, à une très grande quantité de la matière grasse blanche connue sous le nom de *cérébrine*. MM. Christison, Sandras, Lecanu, sont arrivés à des résultats analogues en ce qui concerne l'espèce humaine.

(1) *Abrégé élémentaire de chimie*, 4e édit., t. II, p. 595.

De plus, ce dernier a même observé que, dans certaines circonstances, il n'y avait plus de traces de matière colorante. Cependant Moiroud a reconnu dans le sang blanc l'existence d'une forte proportion de caséine.

Les sels du sang augmentent ou diminuent sous l'influence du régime. Le sang des carnivores qui contient, à l'état normal, une forte proportion de phosphates alcalins, en perd le quart ou le tiers si les animaux sont entretenus avec des aliments végétaux. De même, celui des herbivores, riche en carbonates, acquiert une plus grande somme de phosphates dès que le régime animal est substitué au régime habituel. Il serait intéressant de rechercher si les animaux rachitiques, les sujets affectés de maladies tuberculeuses, de phthisie calcaire, ont plus ou moins de sels dans le sang qu'à l'état normal, et si le changement dans les proportions de ces substances porte sur toutes en masse, ou seulement sur quelques-unes d'entre elles.

La constitution du fluide nutritif peut encore être modifiée et altérée à divers degrés par la prédominance des matériaux qui ne doivent s'y trouver qu'en petite quantité, par la présence de divers produits de sécrétion qui ne sont pas complétement éliminés, par le développement de certaines espèces d'hématozoaires, enfin par l'introduction de principes putrides, virulents, miasmatiques; mais toutes ces modifications ne peuvent être appréciées par le secours des analyses chimiques et des observations microscopiques. Un grand nombre d'entre elles ne se révèlent que par les troubles plus ou moins profonds qu'elles déterminent dans l'organisme.

La multiplicité et l'étendue des changements qu'éprouve l'état du sang s'expliquent très bien par le fait du passage dans le torrent de la circulation de toutes les substances que l'absorption recueille sur les surfaces digestives, respiratoires et autres, de même que du sein de tous les organes. La mixtion, qui s'opère d'une manière incessante entre ce fluide et les éléments qui pénètrent dans l'organisme ou ceux qui en sortent, entraîne une instabilité perpétuelle dans l'équilibre de ses principes constituants. Peut-être le chimiste n'aura-t-il jamais à sa disposition des moyens assez délicats pour nous montrer cette foule de principes immédiats, de matières grasses, de substances volatiles, salines, minérales, que l'absorption apporte à chaque instant et en proportions infimes dans la masse sanguine, ou les matériaux divers que les sécrétions lui enlèvent de toutes parts. Peut-être même n'arrivera-t-il pas à reconnaître dans ce fluide les seuls éléments que le travail digestif extrait de toutes les parties d'une proie animée, ou de cette multitude de plantes dont les tiges, les feuilles et les semences servent ensemble à l'alimentation. Du reste, eût-il à son service les moyens qui lui manquent, les résultats de ses recherches ne seraient pas encore d'une rigoureuse exactitude, car, par l'action des réactifs et sous l'influence de causes diverses, plusieurs des éléments du sang se modifient ou se transforment, comme l'albumine, qui se convertit en fibrine pour peu qu'elle soit agitée et portée à une température supérieure à celle du corps.

Maintenant que la constitution et les propriétés du sang nous sont connues, nous pouvons aborder l'étude des phénomènes qui résultent du contact établi entre ce fluide et l'air introduit dans les voies respiratoires.

II. Des changements que l'air et le sang éprouvent dans la respiration.

Avant que l'on connût les résultats essentiels du conflit établi entre l'air et le sang dans le poumon, on se faisait de singulières idées sur la nature intime et le but de la respiration. Les anciens croyaient que cette fonction, si importante et si immédiatement nécessaire à la vie, avait pour usage de rafraîchir le sang, dont la chaleur avait sa source ou son foyer dans le cœur, et cette opinion eut cours jusqu'aux temps modernes, où elle fut encore défendue par Descartes et par Helvétius. Après la découverte de la circulation, on prétendit que l'air amené dans les organes respiratoires servait à déplisser les vaisseaux du poumon et à faciliter ainsi le passage du sang des cavités droites dans les cavités gauches du cœur. Enfin, plus tard, on soupçonna que l'air, dans l'acte de la respiration, perdait un principe particulier qu'on n'avait point encore isolé, et qui se combinait ou s'associait à certains éléments du sang. Lavoisier eut la gloire de démontrer que cet air, mis en contact avec le fluide nutritif, lui cédait un de ses éléments, qu'il appela l'*oxygène*, lequel se combine avec le carbone et l'hydrogène du sang pour former de l'eau et de l'acide carbonique. La respiration devint alors, aux yeux de l'illustre chimiste, une véritable combustion, point de départ de la chaleur animale. A dater de cette découverte, la respiration a été analysée, dans la plupart de ses détails, et son histoire s'est enrichie d'une foule de faits précieux, dont l'appréciation et l'enchaînement doivent prendre la place trop longtemps réservée à de stériles théories.

§ I. — Des changements éprouvés par l'air.

L'air atmosphérique qui s'introduit dans les cavités du poumon, où il se met en rapport avec le sang, en est éliminé après avoir subi une élévation de température, une raréfaction plus ou moins considérable, perdu de l'oxygène et reçu en compensation de l'acide carbonique, quelque peu d'azote, de la vapeur d'eau et, éventuellement, certains produits volatils exhalés par la muqueuse pulmonaire.

L'élévation de température dérive du contact de l'air avec les parties qu'il traverse, du mélange de ce fluide avec celui qui se trouvait déjà dans le poumon, et des combinaisons effectuées au sein de cet organe. La dilatation ou la raréfaction de ce fluide est le résultat immédiat de cette élévation de température. Il est inutile d'insister sur ces deux premières modifications, purement physiques, imprimées à l'air qui sert à l'hématose.

L'air qui pénètre dans le poumon contient près de 21 parties d'oxygène, un peu plus de 79 parties d'azote, avec 4,5, dix millièmes d'acide carbonique, et une proportion variable de vapeur d'eau. Lorsque ce fluide est rejeté des cavités respiratoires, il n'a plus que de 16 à 17 parties d'oxygène, mais il est chargé d'une forte proportion d'acide carbonique et de vapeur d'eau; il a acquis un léger excédant d'azote et perdu de son volume, car au bout d'une heure, sa masse, respirée par un seul ou par plusieurs animaux, diminue d'un centième, d'après les expériences de M. Despretz.

Pour apprécier les altérations éprouvées par l'air, dans la respiration, on a em-

ployé divers procédés. Allen et Pepys, expérimentant sur l'homme, il y a près d'un demi-siècle, se servaient de deux gazomètres : le premier, à eau, fournissait l'air des inspirations, et le second, à mercure, recevait l'air des expirations. Dulong mit en usage un appareil renfermant les animaux, et à l'aide duquel on pouvait mesurer exactement le volume de l'oxygène absorbé et celui de l'acide carbonique exhalé. Enfin, dans ces derniers temps, MM. Regnault et Reiset (1) ont expérimenté à l'aide d'un appareil dans lequel les animaux respirent un air sans cesse renouvelé à mesure qu'il s'altère, appareil qui donne le moyen de déterminer très exactement la quantité d'oxygène absorbé, d'acide carbonique et d'azote exhalés. Le seul inconvénient de ce système est de ne pas isoler les altérations de l'air produites par la respiration, de celles qui résultent de la peau et de l'élimination des gaz provenant du tube digestif.

La quantité d'oxygène absorbé, en un temps quelconque, par la respiration, varie un peu suivant les animaux et les conditions physiologiques dans lesquelles ils se trouvent placés. Pour obtenir à cet égard des données comparables qui dispensent de tenir compte de la taille et du poids des animaux, on rapporte les quantités de gaz absorbés ou exhalés à 1 kilogramme du poids de l'animal.

Or MM. Regnault et Reiset ont trouvé que la quantité d'oxygène consommée en une heure pour 1 kilogramme du poids de l'animal est en moyenne chez le chien de $1^{gr},183$, représentant un volume, à la température de zéro et à la pression ordinaire, de $0^{litr},826$ d'oxygène gazeux. Le lapin absorbe, par kilogramme et par heure, $0^{gr},918$; le canard, $1^{gr},527$; les petits oiseaux, de 9 à 13 grammes ; la grenouille, $0^{gr},084$. Les insectes absorbent proportionnellement autant de ce gaz que les mammifères.

En appliquant aux grands mammifères les données obtenues sur les petits animaux, on arrive à voir que la quantité d'oxygène absorbé en une heure par un cheval ou par un bœuf est fort considérable. En effet, si un cheval du poids de 450 kilogrammes absorbe 1 gramme 1 décigramme, c'est-à-dire une quantité intermédiaire à celle du chien et du lapin, il consommera en une heure 495 grammes, ou $345^{litr},670$ d'oxygène, et en vingt-quatre heures 11 880 grammes, représentant 8296 litres d'oxygène à la température de la glace fondante et à la pression de $0^{m},76$.

Les quantités d'oxygène absorbées par les animaux ne sont point les mêmes, suivant MM. Regnault et Reiset, à toutes les périodes de la digestion, pendant le repos, le mouvement, etc. Ils ont vu que pour des animaux d'une espèce donnée et d'un poids semblable, les jeunes sujets absorbent plus d'oxygène que les adultes, et les individus maigres, en bonne santé, que les sujets très gras.

Diverses conditions physiologiques font varier, dans des proportions notables, la consommation de l'oxygène. Sous l'influence de l'abstinence prolongée, le chien absorbe un sixième et le lapin un tiers de moins de ce gaz qu'à l'état normal. La marmotte, plongée dans la torpeur hibernale, n'use plus que le vingt-huitième de la quantité qu'elle absorbe lorsqu'elle est réveillée.

Les résultats obtenus par les expérimentateurs que je viens de citer sont pleins d'intérêt. Cependant ils ne paraissent pas toujours d'une rigoureuse exactitude. Je

(1) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XXVI.

vois, par exemple, la poule qui consomme moins d'oxygène qu'un mammifère carnivore, tandis que le canard en absorbe presque un tiers de plus que le gallinacé, dont il diffère très peu. D'autre part, en comparant la poule et le canard aux petits oiseaux, je ne m'explique pas bien comment ceux-ci enlèvent à l'air huit à dix fois plus d'oxygène que les autres.

L'air, en même temps qu'il perd de l'oxygène, reçoit de l'acide carbonique, dont la quantité se trouve dans un certain rapport avec celle qui a été soustraite au premier de ces gaz.

Berthollet, Allen, Pepys, Despretz, Treviranus, Müller, en expérimentant sur le chat, le lapin, le cochon d'Inde, le pigeon, le crapaud, les grenouilles, ont trouvé le volume, en pouces cubes, de l'acide carbonique exhalé pendant 100 minutes à raison de 100 grains du poids des animaux. Müller, en rassemblant les résultats de ces premières tentatives, établit en moyenne que le mammifère produit pour 100 grains de son poids, et en 100 minutes, 52 centièmes de pouce cube d'acide carbonique; l'oiseau, 97 centièmes; le batracien, 5 centièmes; l'insecte, à peu près autant que le mammifère, d'où l'on voit que le reptile produit, à égalité de poids et de temps, dix fois moins d'acide que le mammifère, et dix-neuf fois moins que l'oiseau.

D'autres expérimentateurs, en appliquant à l'homme et aux grands animaux les procédés qui avaient fait connaître la somme d'acide carbonique produite par des espèces de petite taille, sont arrivés à des déterminations assez précises. M. Scharling (1), dont les recherches portent le cachet d'une exactitude remarquable, a trouvé qu'un homme du poids de 65 kilogrammes produit en vingt-quatre heures une quantité d'acide carbonique contenant 219 grammes de carbone, et qu'un autre, du poids de 82 kilogrammes, exhale dans le même temps une masse d'acide carbonique représentant 239 grammes de carbone. M. Dumas et d'autres auteurs, qui n'ont pas tenu compte du poids des individus dont ils étudiaient la respiration, ont trouvé que l'homme brûle en vingt-quatre heures de 150 à 312 grammes de carbone, ce qui donne une moyenne assez rapprochée des premiers chiffres.

M. Lassaigne (2), en opérant sur des animaux placés successivement dans une box de capacité connue et parfaitement fermée, est arrivé à des résultats fort intéressants dont voici le résumé :

Un cheval produisit en une heure 219 litres 72 centilitres d'acide carbonique, contenant en volume 219 litres d'oxygène, et en poids 118 grammes 57 centigrammes de carbone; ce qui donne pour une période de vingt-quatre heures un total de 5 273 litres 28 centilitres d'acide carbonique produit, et de 2 845 grammes 68 centigrammes de carbone brûlé. Un autre cheval exhala par heure 355 litres 05 centilitres d'acide carbonique à la température de + 15° et à la pression ordinaire, équivalant à 187 grammes 10 centigrammes de carbone brûlé, soit pour vingt-quatre heures 8 521 litres 20 centilitres d'acide carbonique produit, et 4 490 grammes 40 centigrammes de carbone brûlé. Un bélier, un taureau, une chèvre, un chevreau et un chien, ont produit les quantités d'acide carbonique ci-après :

(1) Boussingault, *Economie rurale*, p. 378, t. II, 2e édit.
(2) *Journal de chimie médicale*, 1846, t. II, p. 751, 3e série; 1849, t. V, p. 13 et 253,

ANIMAUX.	Volume de l'acide carbonique produit en une heure.	Poids de l'acide produit en une heure.	Poids du carbone brûlé en une heure.	Poids du carbone brûlé en 24 heures.
	Litres.	Grammes.	Grammes.	Grammes
Cheval.	219,72	434,82	118,57	2845,68
Taureau.	271,10	536,77	146,51	3516,24
Bélier de 8 mois.	55,23	109,35	29,83	715,92
Chèvre de 8 ans.	21,48	42,53	11,60	278,40
Chevreau de 5 mois. . . .	11,60	22,96	6,25	150,00
Chien de chasse	18,31	36,25	9,88	237,12

M. Boussingault (1) est arrivé à des résultats analogues à ceux qui précèdent, à l'aide d'une méthode indirecte qui consiste à analyser comparativement, d'une part, les aliments consommés, et de l'autre part les déjections et les produits de sécrétion éliminés par un animal dont le poids reste sensiblement invariable pendant le cours de l'expérience. De cette manière, on rassemble les données qui permettent de conclure par différence la quantité de carbone rejetée par la respiration et la transpiration. Evidemment le procédé est plus complexe et moins susceptible d'une extrême précision que les autres. Néanmoins il conduit à des déterminations fort rapprochées de la vérité, que le savant chimiste exprime par les chiffres suivants :

ANIMAUX.	POIDS.	Carbone brûlé en 24 heures.	Oxygène consommé.	Oxygène exprimé en air atmosphérique.
	Kilog.	Grammes.	Litres.	Litres.
Cheval.	500	2540	4724	22495
Vache laitière	550	2271	4224	20144
Porc de 5 mois.	32,2	360	670	3190
Porc de 9 mois.	60	670	1240	5905
Mouton	20	153	408	1943

M. Dumas donne pour la quantité de carbone brûlé en vingt-quatre heures 2 500 grammes pour le cheval, 33 grammes pour le chien, 25 grammes pour le

(1) *Economie rurale*, t. II, p. 379.

lapin, 17 grammes pour le chat, 6 grammes pour le cochon d'Inde, 7 grammes pour le pigeon.

Ces diverses évaluations concordent assez bien entre elles pour quelques animaux, le cheval en particulier; mais elles ne sont plus guère comparables les unes aux autres en ce qui concerne les animaux de plus petite taille, d'autant que le poids des sujets n'est pas déterminé dans la plupart des expériences. Si ce poids avait été noté, on verrait pourquoi l'un des chevaux de M. Lassaigne brûle 4490 grammes 40 centigrammes de carbone en vingt-quatre heures, tandis que l'autre en brûle seulement 2 845 durant la même période; on s'expliquerait de même comment il se fait qu'une chèvre de huit ans ne brûle guère que le tiers du carbone consommé par un bélier de huit mois, et comment un chien brûle 237 grammes de combustible, tandis qu'un autre n'en brûle que 30.

Quoi qu'il en soit, ces évaluations sont très précieuses par les lumières qu'elles jettent sur la combustion de l'un des éléments du sang, et sur l'étendue des altérations que la respiration peut produire dans des masses d'air limitées. Elles nous montrent qu'un cheval qui brûle 2 540 grammes de carbone en vingt-quatre heures, consomme 4 724 litres d'oxygène, et produit en compensation 4 724 litres d'acide carbonique; qu'une vache qui brûle 2 271 grammes de carbone, absorbe 4 224 litres d'oxygène, et exhale un pareil volume de gaz acide carbonique. Enfin elles nous permettent de déterminer d'une manière évidente la quantité d'oxygène absorbée par les animaux avec presque autant d'exactitude qu'on pourrait le faire en se servant pour le cheval et le bœuf des appareils employés pour les sujets de petite taille.

L'exhalation de l'acide carbonique, et partant la combustion du carbone, augmentent considérablementa près l'exercice, d'après les expériences de M. Lassaigne. Plusieurs observateurs ont constaté, en ce qui concerne l'espèce humaine, que cette exhalation est plus considérable dans le jeune âge qu'à toutes les autres époques de la vie, plus à certaines heures de la journée qu'à d'autres, plus pendant la digestion que pendant l'abstinence. Les variations dépendantes du sexe sont telles que, à égalité de poids, l'homme brûle une fois plus de carbone que la femme. Le tableau suivant, qui résume les très intéressantes recherches faites par M. Lassaigne, de concert avec M. H. Bouley, donne une idée de ces variations dérivées de l'exercice et de quelques maladies (1).

L'acide carbonique reçu par l'air expiré ne contient pas tout l'oxygène que cet air a perdu dans les organes respiratoires. Depuis longtemps déjà Dulong et Despretz avaient fait cette observation, qui a été vérifiée récemment par plusieurs expérimentateurs. Mais la différence entre la masse d'oxygène enlevée à l'air et la masse du même gaz rendu en combinaison avec le carbone paraît varier sensiblement, suivant les animaux et la nature des aliments. D'après Dulong, l'acide carbonique formé par la respiration des carnassiers, tels que le chien, le chat, les oiseaux de proie, contiendrait la moitié, les deux tiers et même parfois les trois quarts de l'oxygène enlevé à l'air, tandis que dans les animaux herbivores ou frugivores, comme le lapin, le cochon d'Inde, le pigeon, il en absorberait les neuf

(1) Voy. *Journal de chimie médicale*, 1849, p. 253.

dixièmes. D'après MM. Regnault et Reiset, si l'on représente par 1000 le poids de l'oxygène soustrait à l'air, on trouve que le poids de ce gaz qui concourt à la formation de l'acide carbonique est de 745 pour le chien et de 919 pour le lapin; il augmente chez les animaux nourris avec des substances végétales, et surtout avec des grains riches en carbone, tandis qu'il diminue chez ceux qui vivent de matières animales, ou qui se trouvent soumis à une abstinence prolongée, dont l'effet immédiat est d'entraîner la combustion du carbone des éléments du sang et des tissus.

ANIMAUX.	Volume d'acide carbonique à 0m,76.	Poids de ce gaz.	Carbone brûlé en une heure.	Carbone brûlé en 24 heures.
		Grammes.		Grammes.
Cheval (avant l'exercice). .	172,66	341,69	93,38	2241,12
Le même (après l'exercice).	376,91	745,90	203,63	4887,12
Cheval (avant l'exercice). .	346,33	685,38	187,10	4490,40
Le même (après l'exercice).	381,44	754,88	206,40	4953,68
Cheval à hydrothorax. . .	94,41	186,83	51,00	1224,00
Cheval à tétanos.	570,40	1126	307,6	7382,00
Cheval morveux.	281,52	557,12	152,09	3650,16
Cheval (après un exercice d'un quart d'heure. . .	381,44	754,88	206,07	4945,68

L'oxygène qui n'a pas servi à la formation de l'acide carbonique a été employé à la combustion d'une certaine quantité d'hydrogène, et par conséquent à la formation de l'eau. D'après les calculs de M. Boussingault, cet oxygène brûlerait en vingt-quatre heures 25 grammes d'hydrogène pour le cheval.

L'air qui a servi à l'hématose ne s'est pas seulement chargé d'une quantité considérable d'acide carbonique, il a encore reçu une certaine proportion d'azote; mais ce point a été très contesté avant d'être bien établi par des expériences exactes.

Lavoisier avait prétendu que la quantité d'azote dans l'air servant à la respiration demeurait invariable. Priestley et Davy croyaient qu'elle diminuait très sensiblement. Au contraire, MM. Despretz, Lassaigne, Boussingault, Regnault, Reiset et d'autres encore ont constaté qu'elle augmentait, sinon d'une manière constante, au moins dans la plupart des circonstances.

D'après les recherches de MM. Despretz, Regnault et Reiset, l'exhalation de l'azote a toujours lieu à l'état normal, et notamment chez les animaux soumis au régime qui est en rapport avec leur organisation; mais elle est très faible, car les deux derniers expérimentateurs ne l'ont vue s'élever en moyenne qu'à 1 ou 2 centièmes de l'oxygène consommé; et M. Boussingault ne l'a pas vue dépasser le chiffre de 3 à 4 grammes et demi, en une période de vingt-quatre heures, sur de jeunes porcs, dont l'accroissement était assez rapide. Cette exhalation est plus

abondante chez les herbivores et les frugivores que chez les carnassiers, bien que ceux-ci trouvent dans leurs aliments une proportion d'azote infiniment supérieure à celle qui existe dans les substances végétales : elle a lieu dans un mélange d'oxygène et d'hydrogène, comme dans l'air atmosphérique.

La quantité d'azote contenue dans l'air expiré n'augmente plus dès que les animaux sont soumis à un régime insuffisant, contraire à leur organisation, et surtout lorsqu'ils supportent une abstinence prolongée. Dans ces dernières circonstances, les animaux, et les oiseaux en particulier, absorbent de l'azote au lieu d'en exhaler ; néanmoins l'absorption de ce gaz est loin d'être constante pour les mammifères.

Le fait de l'augmentation ou de la diminution de l'azote de l'air, suivant les conditions dans lesquelles se trouvent les animaux, s'explique assez bien, si l'on admet avec M. Edwards qu'il s'opère à la fois une absorption et une exhalation de ce gaz, lesquelles, au lieu de se compenser exactement, jouissent d'une inégale activité. Nous verrons du reste, dans la suite, que l'azote en excès dans l'économie est éliminé principalement par les voies digestives et urinaires.

Enfin l'air qui a servi à la respiration se charge encore d'une forte proportion de vapeur d'eau, dont l'origine et la quantité ne sont point parfaitement déterminées.

Cette vapeur provient en grande partie de la volatilisation des fluides qui imprègnent la muqueuse des vésicules pulmonaires, des bronches, de la trachée et des cavités nasales, et de ceux qui se trouvent répandus à la surface libre de cette membrane. Elle dérive aussi, peut-être pour une fraction minime, de la combustion de l'hydrogène du sang. Cette hypothèse, proposée par Lavoisier et Laplace, s'appuie sur ce que tout l'oxygène absorbé n'est pas employé à la formation de l'acide carbonique.

Sans doute ce serait une grave erreur de croire avec Lavoisier, Dulong, Despretz, que presque toute la vapeur aqueuse dont se charge l'air expiré provient de la formation de l'eau aux dépens de l'oxygène atmosphérique et de l'hydrogène du sang, car la quantité d'oxygène absorbée qui ne se trouve pas dans l'acide carbonique est insuffisante à la production de l'eau éliminée par la perspiration pulmonaire. Mais, d'un autre côté, ce serait aller trop loin que de nier d'une manière absolue, comme semblent le faire MM. Magendie, Müller et Bérard, la formation d'une certaine quantité de vapeur aqueuse aux dépens de l'oxygène de l'air et de l'hydrogène du sang. L'activité qu'acquiert la transpiration pulmonaire à la suite d'une injection d'eau dans les veines, et la persistance de cette transpiration pendant les courts moments que les animaux peuvent passer dans un milieu dépourvu d'oxygène, ne sont pas des preuves sérieuses d'une non-combustion de l'hydrogène du sang. Ces deux faits, auxquels on attache tant d'importance, prouvent tout simplement, selon moi, que la plus grande partie de la vapeur exhalée dans les voies respiratoires provient de l'eau du sang ; ils ne portent aucune atteinte à l'hypothèse d'après laquelle une certaine proportion de cette vapeur résulterait de la combustion de l'hydrogène du sang par l'oxygène de l'air. Cette combustion, que la plupart des physiologistes semblent repousser comme tout à fait dénuée de fondement, me paraît extrêmement probable, d'autant plus que sans elle on s'expliquerait difficilement ce que devient l'hydrogène des matières dont le carbone a été brûlé par la plus grande partie de l'oxygène enlevé à l'air. D'ailleurs les recherches

de M. Boussingault (1), faites sur divers animaux domestiques, établissent que la respiration élimine, en une période de vingt-quatre heures, 25 grammes d'hydrogène pour le cheval, 20 grammes pour la vache et 3 grammes pour un jeune porc. Or, comme les 200 grammes d'oxygène nécessaires à la combustion de ces 25 grammes d'hydrogène ne forment que 225 grammes d'eau, il est de toute évidence que cette faible quantité représente seulement une partie du liquide en vapeur dont se charge l'air dans les voies respiratoires. Le reste dérive incontestablement des vaisseaux du poumon et de la muqueuse qui tapisse les cavités aériennes.

Ainsi, dans l'acte de la respiration, l'air introduit dans les poumons perd une partie de son oxygène, se charge d'acide carbonique, de vapeur d'eau et d'une très faible proportion d'azote. Ces changements étant déterminés avec une suffisante précision, il faut rechercher de même ceux qui s'opèrent parallèlement dans le sang par suite de son contact avec l'air.

§ II. — Des changements éprouvés par le sang.

Les modifications que le sang veineux éprouve dans les voies respiratoires pour se transformer en sang artériel portent sur un grand nombre d'éléments, et sont infiniment plus difficiles à constater que celles que l'air a subies; elles ne peuvent pas être appréciées, comme on pourrait le croire, par une simple comparaison du sang des veines avec celui des artères.

Le sang artériel est homogène dans tous les vaisseaux qui le charrient; ses caractères et sa composition sont les mêmes partout; mais le sang veineux est essentiellement hétérogène dans les diverses parties de l'économie. Celui qui sort du rein, où il a donné les matériaux de l'urine, ne peut avoir exactement la même composition que celui du foie, après avoir fourni les éléments de la bile; ce dernier ne saurait être identique avec le sang de l'intestin qui s'est mêlé à divers principes absorbés dans les voies digestives. Or c'est d'abord le mélange intime du sang veineux de toutes les parties qui devrait être mis en parallèle avec le sang artériel, et non pas seulement le sang veineux de l'une d'entre elles. Cela ne suffirait pas encore, car le sang veineux n'est que l'un des trois éléments desquels dérive le sang artériel; il faudrait obtenir à la fois le mélange du sang veineux des divers organes avec le chyle et la lymphe, et comparer ce fluide mixte tel qu'il arrive au poumon avec le sang qui sort de cet organe. La différence qui existerait entre ces deux liquides résulterait uniquement de la respiration, et exprimerait d'une manière rigoureuse l'action de l'hématose.

Malheureusement les physiologistes n'ont point encore posé dans ses véritables termes le problème que l'analyse chimique peut si aisément résoudre: ils se sont contentés de comparer le sang de la jugulaire, ou de toute autre veine, à celui des artères, et ils ont attribué les particularités distinctives du sang artériel aux phénomènes intimes de la respiration. En suivant cette méthode, essentiellement vicieuse, ils ont méconnu la composition réelle du sang qui provient de toutes les parties, et ils n'ont tenu aucun compte de la participation du chyle et de la lymphe dans la formation du sang artériel. Conséquemment ils ont rapporté à une seule et même

(1) *Ouv. cit.*, t. II, p. 388.

cause ce qui est le résultat complexe de trois causes distinctives; en d'autres termes, ils ont attribué les particularités caractéristiques du sang artériel à l'unique influence de la respiration, tandis que ces modifications tiennent à la fois à cette fonction, au mélange du sang veineux des diverses parties et à l'adjonction à ce fluide des produits si abondants de l'absorption chylifère et lymphatique. Acceptons néanmoins les données que la science a acquises d'après ces bases, et cherchons à en apprécier la valeur.

Le sang veineux et le sang artériel diffèrent l'un de l'autre par leur couleur, leur température, la proportion d'eau, de fibrine, d'albumine et de gaz qu'ils contiennent.

Sous le rapport de la coloration, les deux sangs se distinguent parfaitement l'un de l'autre. Le sang veineux est d'un rouge sombre plus ou moins foncé; le sang artériel est d'un rouge plus vif, tirant sur le rouge; il est rutilant, vermeil, comme on le dit habituellement, en modifiant quelque peu l'acception de ces qualificatifs; mais ces deux liquides prennent une teinte foncée uniforme dès que la respiration est suspendue ou seulement très gênée. La température du sang veineux est un peu moins élevée que celle du sang artériel. La coagulabilité du premier est, dit-on, un peu moindre que celle du second; mais à cet égard les observateurs sont en contradiction, ou signalent gravement des différences d'une moitié ou d'un quart de minute dans la rapidité avec laquelle ces fluides se prennent en masse. Le sang veineux du cheval laisserait, d'après certains auteurs, les globules se séparer plus nettement du caillot blanc que ne le ferait le sang artériel; mais on compare le sang recueilli par les jets fins et multiples des artères coccygiennes au sang veineux tiré rapidement de la jugulaire, comme si ces deux sangs se trouvaient, sous le rapport de la coagulabilité, dans des conditions identiques; on signale de même entre eux, et sans discernement, d'autres différences physiques tout à fait imaginaires et sur lesquelles il est inutile de s'arrêter.

Les différences essentielles qui existent entre le sang noir et le sang rouge sont les différences de composition chimique, c'est-à-dire celles qui tiennent à la proportion respective des nombreux éléments de ces deux fluides. Ces différences, si légères qu'elles paraissent, n'en ont pas moins une grande importance; plusieurs d'entre elles ne sont point encore connues et d'autres resteront à peu près insaisissables. Les principales sur lesquelles il serait si utile d'être bien fixé ne sont même pas toutes déterminées d'une manière satisfaisante, car les analyses donnent souvent, à l'égard de ces dernières, des résultats incertains, ambigus, et parfois tout à fait contradictoires. Quoi qu'il en soit, voici ce que l'analyse chimique nous a appris, jusqu'à ce jour, en ce qui concerne nos animaux domestiques.

D'après Simon (1), le sang veineux et le sang artériel sont ainsi composés :

	Sang de l'artère carotide.	Sang de la veine jugulaire.
Eau.	760,084	757,351
Résidus solides.	239,952	242,649
Fibrine.	11,200	11,350
Graisse.	1,856	2,290
Albumine	78,880	85,875
Globuline.	136,148	123,698
Hématosine	4,872	5,176
Matières extractives et sels.	6,960	9,178

(1) *Cours de chimie générale*, par MM. Pelouze et Fremy, t. III.

Suivant M. J. Béclard, les deux sangs du même solipède présentent la composition suivante :

	Sang de la carotide.	Sang de la jugulaire.
Eau	772,87	783,84
Albumine et sels	90,62	88,72
Globules	132,31	122,94
Fibrine	4,2	4,5

Le sang artériel et le sang veineux du bœuf, d'après Héring, présentent, l'un par rapport à l'autre, les différences exprimées par les chiffres qui suivent :

	Sang artériel.	Sang veineux.
Eau	798,9	794,9
Fibrine	7,6	6,6
Albumine	26,1	25,8
Hémato-globuline	164,7	170,4
Matières extractives et sels	2,7	2,3

Ces deux fluides, dans la brebis, présentent, d'après le même auteur, des différences analogues à celles qui précèdent.

	Sang artériel.	Sang veineux.
Eau	850,2	841,2
Fibrine	6,1	5,3
Albumine	33,6	26,4
Hémato-globuline	106,1	124,4
Matières extractives et sels	4,0	2,7

Le sang artériel et le sang veineux du chien, pour M. Denis, diffèrent très peu l'un de l'autre.

	Sang artériel.	Sang veineux.
Eau	830,0	830,0
Fibrine	2,5	2,4
Albumine	57,0	58,6
Hémato-globuline	99,0	97,0
Matières extractives et sels	11,0	12,0

Ces deux liquides, dont l'analyse élémentaire a été faite par MM. Macaire et Marcet, diffèrent aussi sous le rapport des proportions de carbone, d'oxygène, etc.

	Sang artériel.	Sang veineux.
Carbone	50,2	55,7
Azote	16,3	16,2
Hydrogène	6,6	6,6
Oxygène	26,5	21,7

Enfin ils différeraient même, d'après les recherches de Michaelis (1), par les proportions des éléments qui composent chacune de leurs matières fixes.

		Carbone.	Azote.	Hydrogène.	Oxygène.
Albumine	Veineuse.	52,650	15,505	7,359	24,484
	Artérielle.	53,009	15,562	6,993	24,436
Cruor	Veineux.	53,231	17,392	7,711	21,666
	Artériel.	51,382	17,253	8,354	23,011
Fibrine	Veineuse.	50,440	17,207	8,228	24,065
	Artérielle.	51,374	17,587	7,254	23,785

(1) Müller, *ouv. cit.*, t. I, p. 244.

Le sang veineux et le sang artériel ne sont donc point identiques, ni sous le rapport des proportions de leurs principes immédiats les plus remarquables et les plus importants, ni sous celui de leurs éléments ou de leurs corps simples.

L'eau est en plus forte proportion dans le sang veineux que dans le sang artériel, d'après MM. Lecanu, Dumas, Denis, J. Béclard et d'autres encore. La différence serait, suivant le premier de ces chimistes, de 4 à 7 millièmes en faveur du sang veineux pour le cheval; de 11 millièmes, suivant le dernier, pour le même solipède, et de 6 à 9 millièmes pour le chien; elle ne serait que de 1 à 2 deux millièmes pour la brebis et le chat, d'après les analyses de Pallas. Au contraire, l'eau est moins abondante dans le sang veineux que dans l'artériel, si l'on s'en rapporte aux analyses d'Héring et de Simon, qui viennent d'être reproduites. Il est très fâcheux que les chimistes, qui se piquent d'exactitude, ne puissent se mettre d'accord sur un fait si facile à constater, et sur lequel il serait téméraire de se prononcer d'après des vues purement rationnelles; car si d'un côté le sang artériel perd de son eau pour les sécrétions et les exhalations diverses, il en reçoit indirectement par le chyle et la lymphe; d'un autre côté, le sang veineux se charge d'une certaine quantité de fluides par l'absorption qu'effectuent les veines dans les diverses parties de l'économie.

Les globules existent en moindre quantité dans le sang veineux que dans le sang artériel. Prévost et Dumas, Lecanu, Denis, Pallas, Simon et Béclard sont d'accord sur ce point, qui paraît bien établi, quoique les analyses d'Héring disent le contraire. La différence est souvent assez considérable, car M. Lecanu a trouvé dans le sang veineux du cheval 14 à 17 millièmes de globules de moins que dans le sang artériel du même animal; mais cette différence paraît moins forte dans le chien, d'après les recherches de MM. Denis et Béclard.

La fibrine n'existe pas en proportion égale dans les deux sangs. Le veineux en contient moins que l'artériel, comme l'établissent les analyses du sang des chevaux, des bœufs, des brebis, des chèvres, du chat et du chien faites par Mayer, Prévost et Dumas, Denis, Héring, etc. MM. Lassaigne et Simon ont cependant, chacun dans une seule analyse, trouvé un peu plus de fibrine dans le sang veineux; mais la différence au profit de ce dernier portant sur un dix-millième, doit être regardée comme une exception sans importance. La fibrine du sang veineux est à celle du sang artériel pour le cheval : : 47 : 75, d'après la moyenne de trois analyses faites par Mayer : pour le bœuf, : : 66 : 76, suivant Héring; pour la brebis, : : 86 : 93, d'après Prévost et Dumas, et pour le chien : : 24 : 25, d'après M. Denis. Quelques observateurs prétendent que la consistance, le degré d'atténuation, l'affinité de ce principe immédiat pour l'oxygène, ne sont pas les mêmes pour les deux sangs, mais ces différences peu saisissables sont loin d'être nettement démontrées. Cependant il résulte des recherches de M. Denis et de Schérer que la fibrine du sang veineux est beaucoup plus soluble que celle du sang artériel. La fibrine du premier, lavée, triturée avec de l'azotate de potasse, puis mêlée à quatre parties d'eau et un peu de soude caustique, forme une gelée qui devient entièrement liquide après quelques jours. Ce fluide, filtré, se coagule par la chaleur, par l'action de l'alcool, précipite par l'acétate de plomb, et donne, en

un mot, les réactions caractéristiques de l'albumine. La fibrine du sang artériel, traitée de la même manière, reste insoluble.

La proportion d'albumine est un peu plus forte dans le sang veineux que dans le sang artériel; elle est : : 85 : 78 dans le cheval, d'après Simon; : : 58 : 57 dans le chien, suivant l'analyse de M. Denis. Au contraire, d'après M. Lassaigne, dont les déterminations portent seulement sur l'albumine du sérum, et d'après Héring, ce principe est en moindre quantité dans le sang noir que dans celui des artères. Il est assez surprenant qu'on ait cru pouvoir, en présence de cette contradiction, affirmer l'existence d'une combustion de l'albumine dans le poumon, sans même se donner la peine de doser séparément ce principe immédiat dans les deux sangs, afin de voir s'il y en a plus dans le veineux que dans l'artériel, ainsi que le disent MM. Simon et Denis.

La proportion des gaz que contiennent les deux sangs établit entre eux des différences essentielles, dont la connaissance exacte jette de vives lumières sur les phénomènes chimiques de la respiration.

Depuis les tentatives déjà anciennes de Vogel, de Brande et de Stevens, qui ont reconnu dans le sang veineux la présence d'une notable quantité d'acide carbonique, Magnus, de Berlin, a démontré que le sang artériel et le sang veineux tiennent en dissolution de l'acide carbonique, de l'oxygène et de l'azote. Ces gaz s'en dégagent avec une grande difficulté par l'action de la chaleur ou par celle de la machine pneumatique, qui ne produit pas un vide assez complet; mais ils s'en séparent aisément, soit lorsque le vide est à peu près parfait, soit lorsque les liquides sont agités avec d'autres gaz, tels que l'hydrogène ou l'air atmosphérique. C'est par ces deux moyens, combinés avec art, que Magnus a apprécié les quantités d'acide carbonique, d'oxygène et d'azote, associés au sang, recueilli sans que ce fluide fût mis au contact de l'air. Le tableau suivant donne les quantités de gaz obtenues par ce chimiste dans le sang du cheval et du veau.

ANIMAUX.	ESPÈCES DE SANGS	Volume du sang en centimètres cubes.	Volume de l'acide carbonique en centimètres cubes.	Volume de l'oxygène en centimètres cubes.	Volume de l'azote en centimètres cubes.	Volume total des trois gaz.
1er cheval.	Sang artériel.	125	5,4	1,9	2,5	9,8
	Sang veineux.	205	8,8	2,3	1,1	12,2
	Sang veineux.	195	10,0	2,5	1,7	14,2
2e cheval.	Sang artériel.	130	10,7	4,1	1,5	16,3
	Sang artériel.	122	7,0	2,2	1,0	10,2
	Sang veineux.	170	12,4	2,5	4,0	18,9
Veau.	Sang artériel.	123	9,4	3,5	1,6	14,5
	Sang artériel	108	7,0	3,0	2,6	12,6
	Sang veineux.	153	10,2	1,8	1,3	13,3
	Sang veineux.	140	6,1	1,0	0,6	7,7

Il résulte de ces recherches intéressantes : 1° que le sang contient en moyenn de un huitième à un dixième de gaz, ou de 8 à 10 volumes pour 100, ce qu

porterait à 3 litres la somme de gaz pour les 26 litres de sang d'un cheval; 2° que 100 volumes de sang veineux contiennent 7,68 de gaz, dont 5,50 d'acide carbonique, 1,17 d'oxygène, 1,00 d'azote, tandis que 100 volumes de sang artériel renferment 10,42 de gaz, dont 6,49 d'acide carbonique, 2,41 d'oxygène, 1,51 d'azote. Conséquemment le sang artériel contient à la fois et plus d'oxygène, et plus d'acide carbonique que le sang veineux.

Mais si le sang artériel contient deux fois autant d'oxygène que le sang veineux, le premier ne renferme qu'un cinquième d'acide carbonique de plus que le second ; d'où il suit que, relativement à sa quantité d'oxygène, le sang artériel tient en dissolution moins d'acide carbonique que le sang veineux. Il importe de se rappeler ces résultats pour comprendre les phénomènes intimes de l'hématose.

Ainsi donc le sang artériel et le sang veineux diffèrent l'un de l'autre par leur couleur, leur température, la quantité d'eau, de globules, de fibrine, d'albumine et de gaz qu'ils renferment. Ils se distinguent encore sous le rapport de leur composition élémentaire, en ce que le premier est moins carboné et plus oxygéné que le second ; mais en définitive ces différences sont très légères, comme le dit M. Bérard, à cause de la rapidité avec laquelle la masse sanguine devient alternativement veineuse et artérielle ; aussi sont-elles constatées à grand'peine, même les plus saillantes, par les analyses chimiques, trop souvent en désaccord ou en opposition complète les unes avec les autres. Cependant rappelons-nous que de telles différences, pour être si peu saisissables, n'en ont pas moins une importance capitale ; car le sang veineux, qui cesse pendant quelques instants de se transformer dans le poumon en sang artériel, a bientôt frappé de mort tout l'organisme.

La connaissance de la constitution des deux sangs et des particularités qui les distinguent l'un de l'autre, exprime les modifications que ces fluides éprouvent dans le système capillaire général, c'est-à-dire lors de la conversion du sang artériel en sang veineux, car ce que le sang veineux contient de moins que le sang artériel, il l'a perdu dans les capillaires ; ce qu'il contient en plus, il l'a acquis dans ces mêmes vaisseaux ; enfin les propriétés nouvelles que le sang noir revêt ont leur point de départ, leur source unique, dans ces canaux déliés qui sillonnent, suivant mille directions diverses, la trame des tissus organiques.

Mais ces particularités de composition et de propriétés qui distinguent les deux sangs ne sont plus l'expression exacte des changements qui ont leur siége dans le système capillaire de la petite circulation ; ils ne traduisent point d'une manière rigoureuse les résultats des phénomènes chimiques de la respiration. En effet, dans les capillaires du poumon, ce n'est pas seulement le sang veineux qui se transforme en sang artériel, comme dans les capillaires généraux, par une opération inverse et diamétralement opposée, le sang rouge se transforme en sang noir. Dans les organes respiratoires, le sang veineux n'est que l'un des trois fluides qui se convertissent en sang artériel : c'est le principal, à la vérité ; néanmoins les deux autres, qui sont le chyle et la lymphe, prennent à la formation du sang artériel une part plus grande qu'on ne le pense généralement.

Si donc les chimistes, au lieu d'analyser comparativement le sang de la jugulaire et celui de la carotide, avaient examiné, d'un côté, le mélange du sang veineux de toutes les parties avec le chyle et la lymphe, tel qu'il pénètre dans le poumon, et

de l'autre le sang artériel, tel qu'il sort de cet organe, nous pourrions, par différence, indiquer avec précision en quoi consiste l'hématose ou l'artérialisation du liquide nutritif. Le sang veineux, le chyle et la lymphe, intimement mêlés en arrivant au poumon, seraient comparables à l'air inspiré. Le sang artériel, sortant de ce viscère, correspondrait à l'air expiré. Ce qui aurait été ajouté ou soustrait au sang sortant du foyer de l'hématose serait le fait de la respiration, de même que ce qui est ajouté ou soustrait à l'air expiré est le fait de cette action : ainsi l'on connaîtrait avec autant d'exactitude les modifications imprimées au sang qu'on sait celles que l'air a subies; les phénomènes chimiques ou intimes de la respiration seraient en évidence, quant à leur résultat; il ne resterait plus qu'à en rechercher la nature et les causes. Bien que les physiologistes n'en soient pas là, faute d'avoir trouvé et mis en usage la méthode rationnelle que je viens d'indiquer, il faut cependant poursuivre l'analyse de la fonction respiratoire.

III. De l'essence des phénomènes de la respiration.

Il ne suffit pas d'avoir reconnu que l'air perd de l'oxygène, reçoit de l'acide carbonique, de l'azote et de la vapeur aqueuse dans le poumon, et que le sang devient vermeil, acquiert plus de globules, plus de fibrine, et éprouve encore d'autres modifications dans les organes respiratoires. Ce n'est pas assez d'avoir précisé les proportions d'oxygène absorbé, d'azote exhalé, de carbone brûlé et rendu à l'air sous forme d'acide carbonique, il faut chercher à saisir l'enchaînement des divers actes qui donnent lieu à ces résultats, les examiner un à un et remonter à leurs causes; voir comment l'oxygène atmosphérique se met en rapport avec le sang et s'associe à ce fluide; d'où provient le carbone qui brûle; en quelle partie du système circulatoire s'opère cette combustion; de quelle manière s'effectue l'exhalation de l'acide carbonique; de quels éléments dérive l'hydrogène d'une partie de la perspiration pulmonaire, etc. En suivant cette voie, nous procédons du connu vers l'inconnu, de l'effet vers la cause. Les quelques incertitudes qui planent sur les questions épineuses qu'il nous reste à traiter ne portent pas la moindre atteinte aux faits précédemment exposés.

La pénétration de l'oxygène dans les vaisseaux des vésicules pulmonaires doit être, sans contestation, regardée comme le phénomène initial de la respiration, et celui qui entraîne à sa suite la plupart des autres. On a beaucoup disserté jusqu'ici sur le mode d'admission de ce gaz dans le fluide nutritif à travers les parois vasculaires, sur la question de savoir s'il se mettait en rapport avec le sang par suite d'une absorption ou d'une pénétration physique résultant d'une affinité spéciale. Rien n'est plus simple et moins difficile à saisir que ce premier acte de l'hématose. Nous savons, par ce qui a été dit ailleurs, que les gaz séparés par une membrane la traversent chacun de leur côté et viennent se mêler l'un à l'autre jusqu'à équilibre parfait de répartition. Nous savons, de même, qu'un gaz séparé d'un liquide par une cloison membraneuse la pénètre et vient se dissoudre dans ce liquide, s'il y est soluble. L'acide carbonique enfermé dans une vessie humide a bientôt disparu, remplacé par de l'air plus ou moins pur. Le sang veineux et noir qui remplit une vessie ne tarde pas à prendre une teinte vermeille à mesure que l'oxygène extérieur parvient à traverser

les parois épaissies du réservoir. Il en est absolument de même dans le poumon. L'oxygène atmosphérique, séparé du sang seulement par les parois extrêmement déliées des vaisseaux qui se ramifient à la surface de la muqueuse des vésicules aériennes, traverse ces membranules minces et humides ; il se mêle au sang, avec lequel il a une grande affinité, ainsi que beaucoup d'autres gaz. Cette affinité est démontrée par la teinte vermeille que prend le sang noir exposé au contact de l'air, et surtout de l'oxygène ; elle l'est encore par cette expérience de Magnus dans laquelle le sang absorbe un dixième de son volume d'oxygène, s'il est agité avec ce gaz. Il y a donc là absorption réelle d'oxygène, non pas absorption dans le sens attaché autrefois à ce mot par les vitalistes, qui admettaient des bouches absorbantes douées d'une sensibilité élective, etc., mais il y a pénétration physique, endosmose, puis mixtion du gaz avec le sang.

Cette absorption s'effectue sur une surface qui est immense, à en juger par le nombre infini des divisions bronchiques et des cellules pulmonaires, surface que Hales (1) porte, dans le veau, d'après des calculs compliqués, à 289 pieds carrés ; lesquels représentent, suivant mes recherches personnelles, une étendue égale à près de cinq fois et demie celle de la peau du cheval. Elle est facilitée par la minceur extrême et la perméabilité très grande de la muqueuse des parois vasculaires. Enfin elle a lieu d'une manière continue, suivant la judicieuse remarque de Müller, tant dans l'inspiration que dans l'expiration, car il y a toujours dans l'intérieur du poumon une très grande quantité d'air. Celle-ci est telle, d'après mes expériences, qu'un cheval qui fait arriver dans le poumon d'un litre à un litre et demi d'air à chaque inspiration, en conserve, après l'inspiration achevée, environ huit litres, c'est-à-dire plus de cinq fois le volume qui arrive lors d'une seule dilatation ordinaire du thorax. L'inspiration et l'expiration ne correspondent nullement à des alternatives d'absorption et de non-absorption. Le premier acte apporte, à des intervalles réglés, une certaine quantité d'air pur qui s'ajoute à la masse permanente, et remplace la portion de cette masse qui a été chassée lors de l'expiration. L'oxygène peut ainsi pénétrer sans cesse à travers les vaisseaux, et agir sur le sang qui traverse avec rapidité et sans interruption le système capillaire du poumon.

Une fois parvenu dans le sang, l'oxygène s'y dissout tout simplement, ou plutôt y contracte, comme le pense Liebig, une combinaison légère, dont il peut se dégager sans grande difficulté, soit par l'action de la machine pneumatique, soit par la dissolution d'un autre gaz dans ce même fluide, plus ou moins oxygéné. La dissolution pure et simple de l'oxygène dans le sang n'a rien du reste d'invraisemblable ; mais elle suppose, comme l'a dit Gay-Lussac, que ce gaz est au moins de onze à quatorze fois plus soluble dans le fluide nutritif que dans l'eau. Le changement de couleur résultant de l'action de l'oxygène sur le sang, la manifestation du même phénomène dans les globules isolés de la fibrine et des autres éléments du liquide, donnent à penser que ce gaz s'associe particulièrement aux globules et à leur matière colorante, d'autant qu'une dissolution de celle-ci, si légère soit-elle,

(1) *La Statique des végétaux et celle des animaux*, trad. française de Buffon et de de Sauvages. Paris, 1779, p. 200.

montre beaucoup d'affinité pour l'oxygène. D'ailleurs les expériences démontrent que la fibrine a pour ce gaz une affinité assez faible, et que le sérum a pour lui une affinité moindre encore. Ainsi associé au sang, qu'il a rendu rutilant, vermeil, l'oxygène est entraîné avec ce fluide dans toute l'étendue du système artériel, et va oxyder ou brûler, dans les capillaires de toutes les parties de l'organisme, divers éléments combustibles; puis, dès que cette combustion est opérée et à mesure qu'elle s'effectue, le fluide écarlate reprend peu à peu sa couleur sombre et les autres propriétés du sang veineux.

En même temps que le sang reçoit de l'oxygène dans le poumon pour devenir artériel, il abandonne de l'acide carbonique. Il y a absorption, endosmose du premier de ces gaz, exhalation ou exosmose du second. L'échange de ces fluides dans l'acte de la respiration constitue un phénomène important, dont toutes les particularités méritent une grande attention, surtout en ce qui concerne la corrélation nécessaire entre la proportion d'oxygène absorbé et celle d'acide carbonique exhalé.

Nous avons vu, d'après les intéressantes recherches de Magnus, que les deux sangs tiennent en dissolution de l'oxygène, de l'acide carbonique et même de l'azote. Le sang veineux, qui a perdu dans les capillaires généraux une partie de son oxygène, et qui s'est chargé d'une nouvelle quantité d'acide carbonique, laisse échapper, dès qu'il arrive au poumon, une certaine proportion de ce dernier gaz, auquel se substitue de l'oxygène atmosphérique. Il s'opère là un échange facile à concevoir, échange analogue à celui qui s'effectue en plusieurs circonstances.

En effet, du sang saturé de gaz acide carbonique et mis au contact de l'air, perd une grande partie de cet acide, et absorbe de l'oxygène qui fait perdre au liquide sa couleur sombre et lui donne une teinte vermeille. Lorsque ce sang, au lieu de se trouver en rapport immédiat avec l'air, est enfermé dans une vessie humide, le même phénomène se produit également à travers la membrane : l'oxygène pénètre celle-ci par endosmose, se dissout dans le sang, y déplace le gaz acide qui traverse par exosmose les parois de la vessie. Si ce même sang, libre ou renfermé dans une poche membraneuse, est mis en rapport avec un autre gaz que l'oxygène, avec l'hydrogène, par exemple, l'échange se fait encore, mais avec moins de facilité : le gaz en dissolution redevient libre, et le gaz libre prend la place de ce dernier. Enfin si le sang, une fois saturé d'oxygène, est agité avec de l'acide carbonique, il y a encore substitution : le premier, malgré sa grande affinité pour le fluide sanguin, l'abandonne à mesure que s'opère la dissolution de l'acide carbonique.

Cette substitution d'un gaz à un autre gaz, cette sorte d'échange, dont les conditions sont si bien déterminées, se produit d'une manière incessante dans les organes respiratoires. Une partie de l'acide carbonique dont s'est chargé le sang veineux se dégage lorsque ce fluide, traversant les capillaires du poumon, se met en rapport avec l'air, et il est immédiatement remplacé par de l'oxygène atmosphérique. Le reste de cet acide demeure en dissolution dans le fluide devenu artériel, et revient plus tard s'exhaler par fractions successives, lorsque son véhicule repasse dans l'organe respiratoire, apportant toujours avec ce gaz ancien du gaz nouveau, formé à chaque tour de circulation, principalement, sinon exclusivement, au sein des capillaires.

Cette substitution, si facile à concevoir d'une manière générale, implique cependant quelques difficultés dans les détails, et surtout en ce qui concerne les proportions des gaz qui se remplacent réciproquement. La principale d'entre elles consiste, si les déterminations de Magnus sont exactes, dans ce fait, que la quantité d'acide carbonique resterait plus considérable dans le sang artériel que dans le sang veineux. Le premier renfermerait pour 100 volumes, 6 volumes et demi d'acide carbonique, et le second seulement 5 volumes et demi pour la même quantité. Une telle différence s'expliquerait, selon moi, très rationnellement, en admettant qu'une certaine partie de l'acide carbonique formé dans les capillaires du poumon reste dans le sang devenu artériel, et s'additionne à celui que ce fluide n'a pas laissé échapper. Seulement, dans cette hypothèse, il semble que ce sang, en repassant à l'état veineux dans les capillaires généraux, devrait contenir, d'une part, tout l'acide carbonique qu'il possédait alors qu'il était encore artériel; d'autre part, l'acide carbonique nouveau formé lors de la conversion artérioso-veineuse, ce qui donnerait pour le sang noir une somme totale de gaz carbonique supérieure à celle du sang artériel. J'aime mieux croire à une erreur analytique commise par les chimistes qu'à une contradiction flagrante dans les opérations de l'organisme. Et cette erreur probable ne tiendrait-elle pas à ce que de l'acide carbonique continuerait à se former dans le sang artériel (extrait des vaisseaux) aux dépens de l'oxygène qu'il contient en excès? Ce qui me porte à le croire, c'est que du sang artériel recueilli dans un flacon que l'on ferme immédiatement à l'émeri devient, en moins d'une demi-heure, presque aussi noir que du sang veineux. Quoi qu'il en soit, l'exhalation de l'acide carbonique coïncide avec l'absorption de l'oxygène. Les deux phénomènes sont corrélatifs; ils se mettent en équilibre l'un avec l'autre; le premier ne peut devenir plus actif sans que le second n'acquière une activité correspondante.

L'exhalation de l'acide carbonique, quoique liée étroitement avec l'absorption de l'oxygène, peut néanmoins continuer à se faire pendant un temps plus ou moins long dans un milieu oxygéné, dans de l'hydrogène ou de l'azote, par exemple. Les recherches de divers expérimentateurs mettent ce point hors de toute contestation. Déjà Spallanzani, que nous avons si souvent cité en traitant des fonctions digestives, avait reconnu que les reptiles plongés dans l'hydrogène ou l'azote pur continuent à exhaler de l'acide carbonique, et même en quantité à peu près égale à celle qu'ils dégagent dans l'air atmosphérique. Edwards arriva au même résultat en opérant sur des grenouilles dont le poumon, préalablement comprimé, avait été à peu près débarrassé de l'oxygène et de l'acide carbonique qu'il pouvait retenir. Müller et Bergemann ont également constaté que ces batraciens, placés sous une cloche pleine d'hydrogène ou d'azote et mise sur du mercure, produisaient en six heures, de un quart à quatre cinquièmes de pouce cube d'acide carbonique. On avait eu soin de bien comprimer le poumon avant de les soumettre à l'action du milieu non oxygéné. Cependant comme les voies respiratoires pouvaient, malgré cette précaution, conserver encore à leur intérieur une petite quantité d'oxygène et d'acide carbonique, Müller répéta ces expériences en plongeant d'abord les grenouilles dans le vide, qu'on remplissait ensuite de gaz hydrogène purifié, lequel était retiré à plusieurs reprises, emportant avec lui les derniers restes de l'air atmosphérique, puis remplacé par une nouvelle quantité d'hydrogène dans laquelle les

reptiles demeuraient jusqu'à asphyxie complète. Les résultats furent toujours les mêmes : la masse d'acide carbonique formé dans de telles conditions ne fut pas bien inférieure à celle qui est produite à l'état normal. Enfin Bischoff, en enlevant les poumons des grenouilles, a vu ces animaux exhaler par la peau un cinquième de pouce cube d'acide carbonique en huit heures.

Ces faits pleins d'intérêt s'expliquent très bien par la présence dans le sang d'une certaine quantité d'oxygène et d'acide carbonique, et par leur déplacement sous l'influence d'un autre gaz. En effet, lorsque les animaux sont renfermés dans de l'hydrogène pur, ce gaz, arrivant au contact du sang, se substitue à l'acide carbonique, de la même manière que l'oxygène dans les circonstances ordinaires, et cet acide carbonique devient libre. D'autre part, l'oxygène que le sang tenait aussi en dissolution continue à brûler le carbone dans le système capillaire, et à donner par là, naissance à une nouvelle quantité de cet acide carbonique, qui à son tour sera déplacé par l'hydrogène du milieu ambiant. Mais comme la somme d'oxygène et d'acide carbonique associés au sang est limitée, il doit arriver, dans les expériences, un moment où ces deux gaz soit entièrement remplacés par ceux au milieu desquels les animaux ont été plongés : alors l'asphyxie se manifeste, si déjà elle n'a précédé cet instant fatal. Les résultats dont nous parlons montrent du reste clairement que la production et le dégagement de l'acide carbonique ne dépendent pas uniquement d'une combustion au sein du poumon, et dérivent, au moins en partie, d'actions effectuées dans les diverses parties de l'organisme.

Maintenant que nous connaissons les quantités exactes d'acide carbonique exhalé dans l'acte de la respiration et le mode de cette exhalation, il faut chercher à savoir de quels éléments du sang provient le carbone employé à la formation de l'acide carbonique.

Lavoisier, Lagrange et les premiers partisans de la combustion respiratoire se sont contentés de dire vaguement que le carbone employé à la production de l'acide carbonique provenait du sang, et particulièrement de ses matériaux usés. Depuis on y a mis plus de prétention : on a tenté de spécifier les principes immédiats qui devaient être brûlés. Les uns ont considéré comme tels les graisses ; le sucre, la gomme et tous les principes immédiats non azotés provenant des aliments et impropres à l'assimilation ; les autres ont placé dans la même catégorie la fibrine, l'albumine, les matières animales diverses dans la composition desquelles il entre de l'azote ; enfin d'autres encore ont supposé que tel ou tel de ces principes devait servir à peu près exclusivement à la combustion respiratoire. Nous allons voir bientôt que toutes les substances organiques du sang et des tissus sont susceptibles, en se combinant avec l'oxygène, de participer aux phénomènes intimes de la respiration. La plus grande difficulté à cet égard est de reconnaître les conditions dans lesquelles les diverses substances sont brûlées, et le degré précis de leur combustibilité.

En ce qui concerne les principes immédiats non azotés, on ne saurait élever des doutes sur leur emploi à titre de combustibles. Ces principes, tels que la fécule, le sucre, la gomme, la pectine, les spiritueux, si abondants dans les aliments des herbivores, ne peuvent servir à l'assimilation. D'une part, ils ne peuvent se convertir ni en fibrine ni en albumine, puisqu'ils manquent de l'azote qui

doit faire partie intégrante de ces matières organiques; d'autre part, ils ne peuvent contribuer en rien à la formation de ces matières, car elles ont dans les aliments végétaux ou animaux le carbone, l'hydrogène et l'oxygène qui leur est nécessaire. C'est donc d'après une vue infiniment intelligente que des principes impropres à se convertir en sang et en tissus sont utilisés à titre de combustibles, et cela surtout en raison de la faible quantité des matières azotées avec lesquelles ils sont associés dans les aliments des herbivores.

En effet, d'après les calculs de M. Liebig, basés sur les analyses de M. Boussingault, un cheval qui consomme en vingt-quatre heures 7 kilogrammes et demi de foin et 2 270 grammes d'avoine ne trouve dans ces aliments que 448 grammes de carbone associé à l'azote. Or comme cette quantité ne représente que le cinquième des 2 450 grammes de carbone brûlés par cet animal dans le même espace de temps, il faut que les principes non azotés fournissent les quatre cinquièmes de l'élément combustible. Mais cela ne suffit pas encore: il faut que toute la somme de carbone nécessaire à la respiration se trouve dans les principes non azotés des aliments, afin que ceux qui contiennent de l'azote, c'est-à-dire l'albumine, la fibrine puissent être utilisés à la reconstitution du sang et à la nutrition des divers tissus. C'est donc grâce à la forte proportion de fécule, de sucre, de gomme que contiennent les aliments végétaux que ceux-ci doivent de pouvoir nourrir, quoique très pauvres en principes protéiques susceptibles d'être convertis en sang; le carbone et l'hydrogène des premiers suffisant et au delà aux combinaisons respiratoires et à l'entretien de la chaleur animale.

Ces principes non azotés que brûle l'herbivore ne viennent plus alimenter le travail respiratoire du carnassier. La chair dont ce dernier se nourrit ne renferme ni fécule, ni sucre, ni gomme, ni alcool; elle ne se compose plus que de fibrine, d'albumine, de diverses matières extractives associées à de la graisse. Or comme 7 kilogrammes et demi de chair ne renferment pas plus de carbone que 2 kilogrammes de fécule, il faut que l'animal consomme une grande quantité de cet aliment pour y trouver à la fois ce qui est nécessaire à la nutrition et ce qui doit servir à l'entretien de la respiration. Évidemment, si le carbone brûlé provient des principes azotés, de la fibrine, de l'albumine, etc., il dérive aussi de la graisse pour une certaine proportion. On voit donc, d'après cela, que le combustible usé par le carnassier n'est pas le même que celui de l'herbivore; ou plutôt ce combustible, qui est le carbone, ne provient pas, pour les deux espèces, d'un même ordre de substances.

Mais ces différences remarquables disparaissent dès que les animaux, quels qu'ils soient, sont privés d'aliments. L'herbivore et le carnassier se trouvent, cette fois, dans les mêmes conditions: chez l'un comme chez l'autre, c'est le sang, c'est la substance des tissus qui fournissent le combustible. L'animal se consume lui-même; il brûle sa graisse, l'albumine, la fibrine de ses muscles et de tous ses organes, qui s'émacient; aussi diminue-t-il de poids avec une grande rapidité. L'admirable uniformité du phénomène reparaît, dans tous ses détails, lorsque ces conditions redeviennent identiques pour tous les animaux.

Ainsi, dans l'organisme, tout ce qui contient du carbone est susceptible de brûler. L'oxygène, dans la respiration, ne fait, comme le dit Liebig, aucun choix

quant aux matières susceptibles de s'unir avec lui, et se combine avec tout ce qui lui est offert. Son affinité s'étend sur tout ce qui est carboné ou hydrogéné; il consume le principe azoté comme le principe non azoté; il détruit la fibrine, l'albumine aussi bien que la graisse, le sucre, la gomme, l'alcool, etc. Tout, en un mot, peut être consumé au foyer respiratoire, et, chose digne d'être remarquée, c'est d'abord ce qui prédomine et ce qui a une utilité secondaire qui est détruit en premier lieu, le reste ne l'est qu'ensuite et avec lenteur.

Puisque toutes les substances carbonées et hydrogénées, quelles qu'elles soient, sont susceptibles d'être brûlées par la respiration, ce serait se donner une peine bien superflue de vouloir démontrer que l'une quelconque d'entre elles jouit de cette propriété, et ce serait une chose souverainement absurde de prétendre que l'une de celles-là jouit exclusivement, ou à peu près exclusivement, d'un tel privilége; cependant il s'est trouvé, et de nos jours, des esprits assez ingénus pour entreprendre cette double tâche.

On sait, et tous les grands chimistes de l'époque le proclament, que la fibrine de l'aliment se transforme en fibrine du sang; celle du sang, en celle des muscles, sans l'intervention d'aucun élément étranger, car ce principe a la même constitution dans les trois circonstances. De plus, l'analyse chimique a démontré, dit Liebig (1), que la fibrine et l'albumine renferment les mêmes éléments organiques unis entre eux dans les mêmes proportions de poids, de telle sorte qu'en faisant, par exemple, deux analyses, l'une de fibrine, l'autre d'albumine, on n'obtiendrait, pour la composition centésimale de ces corps, pas plus de différence que pour deux analyses faites sur une même fibrine ou sur une même albumine. » La dissemblance des propriétés de ces deux principes résulte de ce que les éléments de ceux-ci ne sont pas groupés dans le même ordre; mais l'identité de composition implique la possibilité d'une transformation facile de l'albumine en fibrine. Avant que la science en fût arrivée là, Tréviranus, Tiedemann et Gmelin (2) avaient déjà avancé que, dans la respiration, l'albumine se convertit en fibrine sous l'influence de l'oxygène. Plus récemment Schérer a admis la même conversion par suite d'une série de métamorphoses. Enfin MM. Lecanu, Letellier, Denis, Prevost et Dumas (3) ont reconnu que la quantité de l'albumine du sang diminue par la respiration, et que celle de la fibrine augmente.

Or le fait de cette transformation a été récemment reproduit comme une chose nouvelle, et attribué à la combustion d'une partie du carbone de l'albumine. En admettant qu'il y ait, contrairement aux assertions de Mulder, de Liebig, de M. Boussingault et de tant d'autres, une différence de composition entre la fibrine et l'albumine, et que cette différence se traduise par quelques atomes de carbone au profit de l'albumine, comme semblent l'indiquer les moyennes des analyses de MM. Dumas et Cahours, voici à quels résultats on arriverait.

Un cheval ayant 25 kilogrammes de sang possède, pour toute la masse de ce liquide, une somme totale de 1 700 grammes d'albumine, puisque le sang de ce

(1) *Chimie organique appliquée à la physiologie animale*, p. 46.
(2) Burdach, *Traité de physiologie*, Paris, 1841, t. IX, p. 540.
(3) Burdach, t. IX, p. 537, et t. VI, p. 446.

solipède contient 68 millièmes de ce principe immédiat. L'albumine ayant sur 100 parties 53,5 de carbone, et la fibrine du sang du cheval 52,6, d'après M. Dumas, la première a donc un peu moins d'un cinquante-deuxième de carbone de plus que la seconde; ce qui fait pour la totalité de l'albumine du sang 15gr,3 de carbone en excès sur le carbone de la fibrine. Or, en supposant que dans l'acte de la respiration toute l'albumine que contient le sang soit convertie en fibrine, elle n'aura fourni à la combustion que la cent soixante-troisième partie des 2 500 grammes brûlés par le cheval en vingt-quatre heures. En supposant, en outre, que les 2 800 grammes d'albumine des 100 kilogrammes de chyle et de lymphe versés dans le torrent circulatoire, pendant cette période, soient de même totalement convertis en fibrine, ils ne participeraient à la respiration que pour 24gr,8 de carbone. Enfin le sang serait-il renouvelé cinq fois en vingt-quatre heures, et son albumine tout entière serait-elle convertie cinq fois en fibrine, qu'elle ne donnerait en somme, avec celle du chyle et de la lymphe, que 101gr,3 à la combustion respiratoire, c'est-à-dire ce qu'il faut pour une heure et quelques minutes. Cet aperçu, qu'il est inutile de commenter, suffit pour montrer le néant d'une prétendue théorie que, du reste, personne n'a prise au sérieux.

L'action comburante de l'oxygène mis en rapport avec le sang s'exerce donc sur tous les matériaux organiques de ce fluide, de même que sur ceux des tissus, mais elle porte d'abord et principalement sur les substances non azotées, telles que la graisse, le sucre, la fécule métamorphosée; elle attaque ensuite les substances azotées protéiques, comme la fibrine, l'albumine, qui, dans plusieurs conditions physiologiques, font presque tous les frais du travail ultime de la respiration. Mais on ne sait pas très exactement si ces principes divers sont complétement brûlés, ou s'ils le sont seulement en partie; et dans ce dernier cas, quelle est la nature précise du résidu de cette oxydation inachevée.

Ainsi, par exemple, lorsque le sucre brûle, ses douze atomes de carbone sont-ils transformés en acide carbonique, ses vingt et un atomes d'hydrogène sont-ils en même temps convertis en eau, et ses dix atomes d'oxygène mis en liberté? De même, lorsque les graisses sont soumises à la combustion, leurs divers principes, l'acide margarique, l'acide oléique, la glycérine sont-ils tous détruits à la fois et d'une manière complète, ou bien, après avoir perdu une certaine proportion de carbone et d'hydrogène, se métamorphosent-ils en substances nouvelles destinées à être évacuées avec la bile ou avec l'urine? Ces deux ordres de résultats sont possibles, et les derniers sont peut-être les plus ordinaires. M. Liebig, dans ses savantes considérations sur le développement des métamorphoses, à l'aide des équations chimiques, montre que le sang et la substance des tissus, c'est-à-dire les éléments de la protéine, peuvent, par l'action de l'oxygène, se transformer en urée, en acide choléique, en ammoniaque. Les acides urique et hippurique éliminés par les reins ont aussi la même origine; et ces substances, dérivées des tissus ou du sang par suite d'une déperdition, d'une soustraction de carbone et d'hydrogène, changent peut-être plusieurs fois d'état, suivant les variations qu'éprouvent les proportions de leurs éléments constitutifs. L'acide urique, par exemple, en s'oxydant, donne naissance à l'urée et à l'alloxane; celle-ci, en se combinant avec une nouvelle quantité d'oxygène, donne naissance à de nouveaux acides, et ainsi pour

d'autres principes plus ou moins complexes. Il est infiniment probable que la combustion est incomplète pour la plupart des substances organiques, car dans l'hypothèse opposée, lorsque 100 parties de fibrine brûleraient, 52 parties de carbone seraient converties en acide carbonique, 7 parties d'hydrogène seraient employées à la formation de l'eau, 16 parties d'azote et 23 parties d'oxygène seraient mises en liberté. La chimie a toute une série de belles découvertes à attendre de cette étude encore à peine ébauchée.

L'acide carbonique une fois formé aux dépens des éléments du sang et des tissus et de l'oxygène atmosphérique, reste associé au fluide nutritif pendant un certain temps, puis va s'exhaler dans les voies aériennes à mesure que de nouvelles quantités d'oxygène sont absorbées. L'état sous lequel il se trouve dans ce liquide n'est point encore parfaitement connu. Plusieurs physiologistes, s'appuyant sur le fait du dégagement d'acide carbonique qui s'opère dans le sang, sous l'influence d'un courant d'oxygène, ou de l'action de la machine pneumatique, pensent que ce gaz se dissout tout simplement dans le sang à mesure qu'il se produit pour reprendre son état aériforme et s'exhaler au sein des poumons, où il est continuellement remplacé par l'oxygène atmosphérique. D'autres prétendent qu'il se combine aux bases alcalines du sang et aux carbonates, qu'il transforme en bicarbonates, pour s'en séparer plus tard par l'action des acides lactique, acétique produits dans les organes respiratoires, ou par celle d'un acide particulier récemment signalé par M. Verdeil, acide qui serait sécrété par le poumon lui-même. Bien que, d'après les calculs de M. Liebig, 1 000 volumes de sang renferment 609 volumes d'acide carbonique à l'état de bicarbonate de soude, il n'est pas bien démontré que la portion de ce gaz qui se dégage continuellement dans l'acte de la respiration provient d'une décomposition continuelle de ce sel. Enfin, quelques auteurs admettent avec ce dernier (1) que l'acide carbonique formé par le travail de la combustion respiratoire se combine avec la substance des globules sanguins, puis s'en sépare sous l'influence de l'oxygène absorbé dans les capillaires du poumon.

Ainsi, d'après le savant chimiste, les globules du sang renferment une combinaison de fer qui se sature d'oxygène dans les capillaires du poumon. Ces globules du sang artériel, en passant dans les capillaires généraux, cèdent de l'oxygène à divers principes organiques, qui se métamorphosent ou qui brûlent d'une manière plus ou moins complète ; ils se combinent alors avec l'acide carbonique résultant de cette combustion, et perdent leur teinte vermeille pour devenir d'un rouge foncé. Revenus au poumon, les globules reprennent l'oxygène qu'ils avaient perdu, et laissent en même temps échapper l'acide carbonique dont ils s'étaient chargés au moment de la conversion du sang artériel en sang veineux. Le fer y serait à l'état de peroxyde après avoir traversé le poumon ; à celui de protoxyde, une fois que les globules auraient abandonné une partie de l'oxygène ; puis à l'état de carbonate de protoxyde, dès que cet oxyde se serait combiné avec l'acide carbonique. Conséquemment le peroxyde de fer des globules du sang artériel passerait à l'état de carbonate de protoxyde dans les capillaires généraux, puis reviendrait à la forme

(1) *Chimie organique appliquée à la physiologie animale*, p. 272 et suiv.

de peroxyde dans le poumon, et ainsi de suite. Cette manière de voir, qui soulève plusieurs objections sérieuses, est une hypothèse séduisante à laquelle il manque une démonstration, dont l'importance est du reste fort accessoire.

L'action de l'oxygène introduit par là dans le sang ne s'exerce pas seulement sur le carbone des matières organiques; elle s'étend aussi, dans des limites assez restreintes, à leur hydrogène; mais elle n'atteint nullement leur azote.

Lavoisier, Laplace, et après eux un grand nombre d'auteurs, ont pensé qu'une partie assez notable de l'oxygène enlevé à l'air se combine avec l'hydrogène du sang pour former de l'eau destinée à être éliminée par la transpiration pulmonaire. Depuis on a mis en doute, et même on a tout à fait nié cette combinaison, dont les preuves sont moins évidentes que celles de la combustion du carbone. Les dissidences qui ont surgi sur ce point s'expliquent par la difficulté de reconnaître si la quantité de l'eau du sang éprouve des variations sous l'influence de la respiration, et par celle de montrer clairement qu'une partie du produit de la perspiration pulmonaire dérive de l'eau formée aux dépens de l'oxygène atmosphérique et de l'hydrogène des matières organiques.

Cependant le fait de la combustion de l'hydrogène, et partant celui de la production d'une certaine quantité d'eau, se déduisent: 1° de ce que tout l'oxygène soustrait à l'air n'est pas rendu à ce fluide sous forme d'acide carbonique; 2° de ce que tout l'hydrogène des matières alimentaires ne se retrouve pas dans les déjections d'un animal dont la nutrition est stationnaire; 3° de la possibilité d'une combustion complète de quelques substances introduites dans l'économie. En effet, si l'oxygène qui ne se retrouve pas dans l'acide carbonique n'a pas été employé à la suroxydation des matières organiques ou des produits de sécrétion, il a dû servir à la combustion d'une certaine quantité d'hydrogène. Si, ensuite, l'hydrogène que les déjections ont perdu n'a point, comme cela est probable, concouru à l'assimilation, il a dû être brûlé. Enfin, si quelques substances non azotées, telles que le sucre, la graisse, ont éprouvé une combustion complète de leur carbone, il a dû arriver que leur hydrogène ait été brûlé, sinon il se serait retrouvé à l'état gazeux parmi les produits de l'exhalation pulmonaire. Il est assez singulier que des physiologistes excellents logiciens, et des chimistes fort habiles aient à la fois soutenu que certaines substances étaient complétement brûlées, et que néanmoins leur hydrogène n'était nullement employé à la formation de l'eau, comme si les matières organiques pouvaient perdre totalement leur carbone par la combustion, sans que leur hydrogène ne devînt libre. Mais, tout bien considéré, si l'hydrogène est employé à former de l'eau dans les actes de la respiration, ce n'est qu'en très petite quantité, puisque la proportion d'oxygène qui n'est point combinée au carbone est assez minime, et que d'autre part, comme j'ai pris à tâche de le prouver précédemment, la plupart, et peut-être même la totalité des matériaux du sang ou des tissus sont seulement en partie brûlés par la respiration, puis éliminés sous forme de composés nouveaux par les sécrétions excrémentitielles.

Quant à l'azote qui se trouve dans le sang et qui est exhalé en proportion fort minime, il provient très probablement en grande partie de l'atmosphère. Son absorption, sa dissolution et son renouvellement s'opèrent sans doute selon les lois qui président à ces divers phénomènes, en ce qui concerne l'oxygène; mais ils ne

sont que d'un intérêt très secondaire, car ce gaz, qui est associé au sang, à raison de 1 volume à 1 volume et demi pour 100, ne paraît jouer aucun rôle dans le travail de la respiration et de la nutrition. Si les expériences qui ont constaté une exhalation d'azote avec augmentation très faible de ce gaz dans l'air où se trouvaient enfermés des animaux sont exactes, il faudrait admettre qu'une certaine fraction de l'azote du sang provient des aliments ou de l'air dissous dans les boissons. Dans tous les cas, ce qui vient de l'air expiré prouve, par sa faible proportion, que l'azote est peu soluble dans le sang, et qu'il n'a pas beaucoup d'affinité pour les principes de ce fluide.

Il résulte de l'exposition des phénomènes intimes de la respiration que cette fonction importante se compose d'une série d'opérations dont le siége est très étendu, la nature fort complexe et le mode assez diversifié. Ces phénomènes commencent dans le poumon, se continuent dans le système circulatoire de toutes les parties et viennent s'achever à leur point de départ : ils se lient d'une manière très étroite, comme nous le ferons voir plus tard, avec les fonctions assimilatrices et sécrétoires; peut-être même ne restent-ils étrangers à aucune des actions moléculaires de l'organisme.

Le poumon, que l'on a considéré comme le siége exclusif des actes intimes de la respiration, c'est-à-dire comme l'organe dans lequel le sang s'achève et prend les qualités qui le rendent apte à vivifier et à nourrir, comme le foyer où s'accomplissent l'absorption de l'oxygène, la combustion des éléments usés, la formation de l'acide carbonique, de l'eau, et enfin l'exhalation de ces produits; le poumon, dis-je, n'est pas à lui seul le siége des phénomènes respiratoires. Cet organe admirable, que la nature a disposé pour rendre facile et multiplier à l'infini les rapports de l'air avec le fluide nutritif, prend une part bien définie à l'accomplissement des actes de la respiration. C'est dans son intérieur que s'effectue : 1° l'absorption de l'oxygène, l'exhalation de l'acide carbonique, de l'azote, ou, en d'autres termes, l'échange des gaz ; 2° la conversion du sang noir, de la lymphe et du chyle en sang artériel. Le reste s'opère ailleurs. La combustion du carbone des éléments du sang et des tissus, celle d'une certaine partie d'hydrogène, la conversion du sang artériel en sang veineux, se passent dans les capillaires de toutes les parties du corps. Les phénomènes de combustion seuls s'opèrent partout, dans le poumon comme dans les diverses parties de l'organisme. Mais tous les autres sont en quelque sorte incompatibles, les premiers par rapport aux seconds, car ceux-là ont leur siége dans les capillaires de la petite circulation ou de l'organe respiratoire, tandis que ceux-ci ont le leur dans les capillaires généraux ou de la grande circulation. Cette combustion, générale par son siége, est générale aussi par son objet : elle s'exerce sur tous les matériaux de l'organisme, de même qu'elle s'effectue dans toutes les parties; elle transforme à la fois les matériaux du sang et ceux des tissus, les principes assimilables et les principes non assimilables, les principes usés et ceux qui n'ont point encore servi. C'est par elle aussi que la chaleur animale s'entretient à son degré ordinaire, quelle que soit la température du milieu dans lequel les animaux sont appelés à vivre. Or, comme d'après les expériences de M. Despretz la combustion de 1 gramme de carbone dégage une somme de calorique suffisante pour porter 105 grammes d'eau de 0 à + 75, somme

égale à 7 875 degrés, les 2 500 grammes du même corps brûlés, par la respiration du cheval, en vingt-quatre heures porteraient 525 kilogrammes d'eau à + 37 degrés et demi, c'est-à-dire produiraient 19,687,500 degrés de chaleur. Le calorique produit par la combustion de l'hydrogène, les mutations diverses, les frottements s'ajoute encore à la somme précédente.

Les actes respiratoires propres au poumon s'y effectuent avec une extrême rapidité, et transforment pour ainsi dire instantanément le sang veineux en sang artériel à mesure qu'il traverse le système capillaire de cet organe. Ce sont eux qui déterminent l'artérialisation du sang et lui donnent les propriétés d'un fluide parfait, tel qu'il doit être pour vivifier et nourrir les organes. Les autres actes de la fonction, c'est-à-dire ceux qui se passent dans les capillaires généraux, sont loin d'agir dans le même sens sur le liquide nutritif, car ils le ramènent à l'état veineux, lui font perdre sa couleur rutilante, la propriété de stimuler les organes, de concourir à leur nutrition, et en un mot de servir à l'entretien de la vie. Aussi est-il important de bien distinguer les premiers des seconds, puisque ceux-ci exercent sur la constitution et les qualités du sang une action diamétralement opposée à celle des autres.

Déjà du temps de Lower, on savait que le sang prend sa teinte vermeille dans le poumon quand la respiration s'effectue régulièrement, et qu'il en sort noir si cette fonction est interrompue. Goodwin voulut rendre le phénomène appréciable à la vue en mettant à découvert le poumon d'une grenouille dans lequel on voit, par suite de la transparence des parties, le sang qui vient du cœur et celui qui retourne à cet organe; mais comme le poumon des batraciens et des autres reptiles reçoit un mélange de sang veineux et de sang artériel, il est fort difficile, quoi qu'en dise l'observateur anglais, de saisir nettement le changement de couleur éprouvé par le sang lors de son passage à travers les capillaires pulmonaires. Ce fut Bichat qui, par des expériences d'une extrême simplicité, démontra que l'artérialisation du sang s'opère dans le poumon, de plus, qu'elle y est manifeste, instantanée et complète.

Bichat (1) ayant adapté un robinet à la trachée-artère d'un chien et un autre robinet plus petit à l'artère carotide, a pu juger du temps que le sang emploie à perdre sa teinte vermeille et à la reprendre, suivant que la respiration est suspendue ou rétablie: 1° lorsque le robinet de la trachée a été fermé, et que par conséquent la respiration a cessé de s'effectuer, le sang de l'artère commence à s'obscurcir au bout de trente secondes: sa teinte est foncée au bout d'une minute, et elle devient tout à fait semblable à celle du sang veineux après une minute et demie ou deux minutes. La couleur du sang devient plus promptement noire si le robinet de la trachée est fermé à la suite de l'expiration au lieu de l'être après l'inspiration. 2° Quand ce robinet, fermé depuis un temps assez long, vient à être ouvert, le sang qui s'échappe de l'artère reprend presque aussitôt sa teinte vermeille. Il suffit d'une période de trente secondes pour que le vaisseau donne écoulement au sang noir qu'il contenait, et à celui que le cœur y envoie à l'instant où le cours de l'air est rétabli dans les voies respiratoires. 3° Enfin si, au lieu d'ouvrir brus-

(1) *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, p. 256, 3e édit., an XIII.

quement et complétement le robinet de la trachée on ne l'ouvre qu'en partie, le sang ne reprend qu'à demi sa couleur vermeille, mais il la reprend encore avec rapidité. Ainsi, quand la trachée est fermée, le sang qui traverse le poumon cesse peu à peu de prendre la teinte rutilante ; il ne tarde pas à en sortir aussi noir qu'il y est entré, dès que l'air retenu dans les bronches et les vésicules pulmonaires a été totalement privé de son oxygène. Au contraire, lorsque le cours de l'air est rétabli, ce même sang redevient tout à coup rutilant, et l'artère ne laisse plus échapper que le sang noir qu'elle renfermait à l'instant où le fluide atmosphérique a pu reprendre son cours habituel.

C'est donc en traversant les vaisseaux capillaires du poumon, c'est-à-dire dans l'espace de quelques secondes, que le sang veineux se transforme en sang artériel: c'est pendant ce trajet si court, et si rapidement parcouru, que le sang noir devient vermeil, que la lymphe et le chyle s'identifient avec le fluide nutritif, de manière à former un tout homogène, qui est, à sa sortie des capillaires du poumon, ce qu'il sera dans les veines pulmonaires, les cavités gauches du cœur, l'aorte et toutes les divisions du système artériel. Le sang artériel est achevé dans le poumon. Pour devenir tel, il a absorbé de l'oxygène jusqu'à saturation, et il a exhalé de l'acide carbonique ; il est devenu vermeil de sombre qu'il était auparavant, et par suite de ces modifications, il a acquis l'aptitude à stimuler les organes, à leur céder les matériaux de nutrition et les principes des sécrétions ; en un mot, ce fluide n'a plus aucun changement à éprouver pour remplir le rôle complexe qui lui est départi : il ne se modifiera de nouveau que dans les vaisseaux capillaires de toutes les parties de l'organisme ; mais cette fois ce sera pour reprendre la couleur noire, les caractères et les propriétés du sang veineux.

L'action exercée par l'air sur le sang est plus ou moins complète, ou plus ou moins étendue, suivant le degré de perfection de l'appareil respiratoire et la nature du milieu dans lequel il fonctionne.

Les animaux à sang chaud, c'est-à-dire les mammifères et les oiseaux, sont ceux dont l'appareil respiratoire est le plus compliqué. Il y présente une surface immense par suite de la multiplicité des petites cellules membraneuses de leurs poumons. Aussi ces vertébrés font-ils une énorme consommation d'air, et jouissent-ils d'une température propre très élevée. Les phénomènes de combustion qui se passent en eux jouissent d'une telle activité, que ces animaux ne peuvent supporter longtemps la privation de l'air sans périr, ni l'abstinence sans perdre très vite une partie de leur substance. Le volume de leurs poumons, les dimensions des vésicules pulmonaires, l'abondance ou la rareté du tissu cellulaire interlobulaire, l'ampleur de la poitrine, établissent quelques nuances sous le rapport de la perfection de l'hématose, nuances qui s'exagèrent et se multiplient par l'effet de circonstances morbides, comme le rétrécissement des voies aériennes, la compression du poumon, les obstacles apportés à son expansion, la diminution de sa perméabilité, l'induration, la tuberculisation, la destruction d'une certaine partie de son tissu. La respiration, plus ou moins gênée sous l'influence de ces causes, continue à s'opérer, pourvu que le poumon reste sain dans une assez faible partie de son étendue.

Les animaux à sang froid, reptiles, poissons et invertébrés, ne possèdent plus

un appareil à surface aussi vaste. Ceux de ces derniers qui ont un poumon ont cet organe réduit à l'état d'un simple sac sans vésicules, ou à vésicules peu nombreuses et le plus souvent incomplètes; ils consomment peu d'air, peuvent vivre dans un milieu pauvre en oxygène, et ne possèdent pas une température propre beaucoup plus élevée que la température ambiante. On sait que des reptiles, tels que des crapauds, ont pu vivre dans des excavations de blocs de pierre, dans du plâtre gâché, bien que l'air pût à peine parvenir à ces animaux à travers des interstices étroits, des fissures ou de simples porosités. Les animaux à sang froid pourvus de branchies respirent dans l'eau et hématosent leur fluide nutritif aux dépens de l'oxygène en dissolution dans le milieu ambiant. Les phénomènes de combustion y étant très lents, consomment peu de substances organiques, et rendent ainsi supportable une abstinence très prolongée.

Mais, quelle que soit l'étendue de la respiration, cette fonction est absolument indispensable à l'entretien de la vie dans tous les êtres organisés; et elle s'exerce déjà d'une manière incontestable chez ceux qui n'ont pas encore d'organes respiratoires spéciaux, car elle peut s'opérer sur toutes les surfaces où le fluide nutritif est en rapport avec l'oxygène, comme à la peau, aux muqueuses digestives, etc. Cette respiration disséminée ou tégumentaire, insuffisante pour les animaux supérieurs, n'y persiste pas moins comme complément d'une respiration localisée plus ou moins parfaite. Tous les animaux, quels qu'ils soient, ne peuvent vivre longtemps dans un milieu dépourvu d'oxygène. Les polypes, les mollusques, les articulés, les insectes aquatiques, les entozoaires, aussi bien que les poissons, meurent dans l'eau non aérée; tous périssent aussi dans le vide, dans l'hydrogène, l'azote et les autres gaz non respirables. L'embryon dans l'œuf et le fœtus dans le sein de sa mère ne peuvent se soustraire à la nécessité impérieuse d'une respiration plus ou moins étendue.

En effet, pendant l'incubation, le travail respiratoire est incontestable. La coque de l'œuf est poreuse, l'air la traverse et va s'accumuler à l'une de ses extrémités dans un espace qui s'agrandit à mesure que la partie aqueuse du blanc s'évapore; cet air perd de son oxygène et reçoit en échange de l'acide carbonique, ainsi que l'analyse l'a démontré. Le jaune se déplace en se rapprochant de la coque; l'embryon se développe à la partie la plus périphérique; les vaisseaux ombilicaux et allantoïdiens viennent s'étaler vers l'extérieur pour rapprocher le sang de l'air atmosphérique. Cet œuf, plongé dans l'eau, dans l'hydrogène, l'azote, ne permet plus à l'oiseau de s'y développer. Son incubation s'arrête dès que la coque est recouverte d'un enduit imperméable. L'œuf des vertébrés vivipares peut également respirer, car l'enveloppe membraneuse si mince qui le renferme est en contact, dans la vipère, par exemple, avec le prolongement sacciforme et non vésiculeux du poumon. Très probablement aussi, les œufs du requin et des autres poissons ovo-vivipares respirent aux dépens de l'oxygène cédé par le sang des vaisseaux de l'oviducte.

Dans le fœtus des mammifères, il y a aussi une sorte de respiration. Le sang que fournit la mère au jeune sujet a d'abord toutes les propriétés vivifiantes qui le rendent apte à la nutrition et au développement de ce dernier; de plus, le sang, qui, du fœtus, revient à ses enveloppes, reçoit, par un échange, les éléments qui lui rendent ses propriétés premières, et abandonne ce qu'il a de superflu; en un

mot, ce fœtus respire par son placenta, comme nous le verrons plus tard, et au lieu de puiser l'oxygène dans un milieu étranger, il le tire du propre sang de sa mère : il verse aussi dans le sang de celle-ci ce que le sien renferme de matériaux nuisibles ou superflus.

La respiration est donc une fonction extrêmement importante, et immédiatement nécessaire à l'entretien de la vie, et cela d'autant plus que l'animal se rapproche davantage des degrés supérieurs de la série. Aussi la suspension du travail respiratoire entraîne-t-elle rapidement la mort.

L'asphyxie qui résulte de cette suspension, ou qui est la suspension elle-même, peut tenir à la privation totale d'air ou à l'insuffisance de ce fluide. Celle-là doit être, au point de vue physiologique, parfaitement distinguée de l'asphyxie que déterminent l'hydrogène sulfuré ou d'autres gaz délétères mêlés à l'air en certaine proportion, car la dernière est un véritable empoisonnement qui peut être produit, quelle que soit la voie par laquelle ces gaz sont absorbés.

La première espèce d'asphyxie, celle par privation d'air, se produit pour tous les animaux, dans le vide, dans l'hydrogène, l'azote, les divers gaz irrespirables, et pour les animaux à respiration pulmonaire et exclusivement aérienne, dans l'eau même saturée d'oxygène. L'expérience a appris que dans le vide de la machine pneumatique les oiseaux ne vivaient que trente à quarante secondes, les petits mammifères une minute, les grenouilles et les salamandres de une à trois heures, les insectes plusieurs heures; M. Biot dit même que des insectes vivent une semaine dans un milieu où l'air raréfié n'a plus qu'une tension de 1 à 2 millimètres; et Spallanzani a vu les limaçons vivre plusieurs jours sous le récipient pneumatique. Les mammifères et les oiseaux ne vivent que quelques minutes dans l'azote ou dans l'hydrogène pur; les grenouilles y vivent trois, quatre et même jusqu'à douze heures, seulement elles ne tardent pas à y éprouver une espèce de torpeur profonde, et à y cesser leurs mouvements respiratoires. Sous l'eau, les animaux à respiration aérienne ne tardent pas à périr, surtout ceux dont les narines ne sont pas disposées de manière à s'opposer à la pénétration du fluide ambiant dans les voies respiratoires : il suffit d'une submersion de quelques minutes pour que les mammifères et les oiseaux y éprouvent l'asphyxie. Les hommes très habiles à plonger ne peuvent rester dans ce milieu plus de deux ou trois minutes. La poule d'eau qu'on y maintient pendant trois minutes y meurt, d'après les observations de M. Edwards : toutefois elle y demeure, comme je l'ai remarqué, pendant cinquante à soixante secondes sans faire d'efforts pour en sortir. L'hippopotame que nous voyons au Jardin des plantes reste caché souvent au fond de son bassin pendant trente à quarante secondes. Mais les carnassiers amphibies, tels que les morses et les phoques dont les narines peuvent se fermer complétement; les cétacés, comme les stellères, les dauphins, le narval, la baleine, s'y tiennent plongés sans mouvements pendant cinq minutes et quelquefois plus d'un quart d'heure, si l'on en croit Scoresby, cela, grâce à des dispositions spéciales de l'entrée des voies aériennes, à des sinus veineux de l'abdomen et à des plexus artériels particuliers sur les côtés de la colonne vertébrale, dont l'influence sur la circulation n'est pas du reste encore parfaitement déterminée. Les animaux à sang froid, qui peuvent respirer par la peau, vivent dans l'eau bien plus longtemps encore. Les grenouilles,

suivant Edwards, vivent en été plusieurs heures sous l'eau courante, et en hiver plusieurs mois, si la température est assez basse; elles y vivent même quelques jours à la suite de l'ablation complète des poumons. On sait que dans l'eau distillée, bouillie ou privée d'air par un moyen quelconque, les reptiles et les poissons périssent bientôt asphyxiés.

La seconde espèce d'asphyxie tient à l'insuffisance de l'air, soit que l'espace où se trouvent enfermés les animaux soit trop restreint, soit que cet air ne se renouvelle pas assez dans un espace plus ou moins étendue, soit que ce fluide arrive à un degré trop considérable de raréfaction, ou enfin que, dans un temps donné, il n'en pénètre pas une assez grande quantité dans le poumon pour y fournir tous les éléments de l'hématose.

Dans un espace circonscrit, d'une faible étendue, où l'air ne se renouvelle pas, ou dans lequel il ne se renouvelle que très imparfaitement, ce fluide est bientôt altéré par la respiration, puisque l'air expiré a perdu de 4 à 6 centièmes d'oxygène, et s'est chargé de 3 à 6 centièmes d'acide carbonique, qui s'ajoutent aux 5 dix millièmes de ce dernier gaz que renferme normalement l'air atmosphérique. L'altération du fluide aérien une fois parvenue à un certain degré n'est plus compatible avec l'accomplissement régulier des phénomènes respiratoires. Dès que l'air ne contient plus que de 15 à 16 centièmes d'oxygène au lieu de 21, et qu'il est chargé de 5 à 6 centièmes d'acide carbonique, il est extrêmement vicié. Si la proportion d'oxygène est réduite à 10 centièmes, l'asphyxie y devient bientôt imminente, comme on l'a constaté dans les mines très profondes. Les animaux à sang chaud ne peuvent donc pas épuiser l'air confiné de tout l'oxygène qu'il renfermait; mais les vertébrés à sang froid et la plupart des animaux inférieurs jouissent, d'après Spallanzani, du privilége de consommer totalement cet oxygène, et par conséquent de vivre dans un milieu tant qu'il possède encore de ce fluide vivifiant. L'asphyxie qui se produit dans de telles conditions reconnaît pour double cause l'insuffisance de l'oxygène et l'excès de gaz acide carbonique. Celui-ci, en parvenant dans les voies respiratoires, n'agit pas comme les gaz neutres, l'hydrogène et l'azote, par exemple; il semble jouir d'une action toxique spéciale, puisque les animaux y meurent bien plus vite que dans ceux que nous venons de nommer. Les expériences de Collard de Martigny montrent en effet que les oiseaux périssent au bout de quelques minutes dans un mélange de 79 parties d'acide carbonique sur 21 d'oxygène. Or si cet acide n'avait, de même que l'azote, aucune action sur l'économie, la vie s'entretiendrait régulièrement dans un milieu, ou le premier se trouverait substitué au second. Cependant MM. Regnault et Reiset assurent que divers animaux peuvent respirer impunément au sein d'une atmosphère contenant la moitié de son volume d'acide carbonique, pourvu que la quantité d'oxygène y reste à l'état normal.

En se basant sur ces données et sur la proportion d'oxygène consommée par un animal en une période déterminée, il est facile de calculer le temps qui serait nécessaire pour rendre irrespirable une atmosphère confinée. Un cheval renfermé dans un espace ayant 4 mètres de longueur, 4 mètres de largeur sur 3 mètres 12 centimètres et demi de hauteur, aurait, si le local était parfaitement clos, 50 mètres cubes d'air à sa disposition. En vingt-quatre heures cet animal absorberait à peu près 5 mètres cubes d'oxygène, et exhalerait un peu moins de 5 mètres

cubes d'acide carbonique. Or, au bout de ce laps de temps, l'air n'aurait plus que dix et demi pour 100 d'oxygène, et serait saturé de dix centièmes d'acide carbonique; il serait arrivé par conséquent au degré d'altération qui détermine l'asphyxie : l'animal ne tarderait pas à y périr, à supposer même qu'il pût réduire à ce point la proportion de l'oxygène. Dans un espace d'une étendue double, c'est-à-dire de 100 mètres cubes, et toujours exactement fermé, l'air ne renfermerait plus, au bout de vingt-quatre heures, que seize et demi pour 100 d'oxygène, et contiendrait 5 centièmes d'acide carbonique. L'atmosphère confinée serait donc dans toute sa masse aussi viciée que l'air qui est expulsé du poumon après avoir servi une fois à la respiration, et déjà cet air ainsi altéré cesserait d'être respirable, d'après plusieurs expérimentateurs habiles.

Il est évident qu'il faudrait donner aux habitations des animaux des proportions énormes, si ces habitations, exactement fermées, s'opposaient au renouvellement de l'air. Ainsi, suivant les calculs de M. Boussingault, il faudrait à une vache, qui produit en vingt-quatre heures 4 mètres cubes d'acide carbonique, une atmosphère confinée de 200 mètres cubes pour que, après douze heures, il y eût seulement dans cette atmosphère un centième d'acide carbonique substitué à un centième d'oxygène. Il importe donc, à défaut d'espace, de faciliter le renouvellement de l'air que respirent les animaux, non-seulement pour remplacer l'oxygène consommé et disperser l'acide carbonique produit, mais aussi pour limiter l'élévation de la température de ce fluide et entraîner à l'extérieur les émanations animales, qui le vicient souvent autant que les actes de la respiration. Les interstices, ou les jointures des portes et des fenêtres, suffisent déjà, même dans des espaces fort restreints, à un renouvellement d'air tel que ce fluide reste à peine chargé d'un centième d'acide carbonique et privé d'un équivalent d'oxygène. Enfin des ouvertures convenablement disposées opèrent, quoique assez étroites, une ventilation suffisante, d'autant plus active que la température intérieure diffère plus de la température ambiante.

L'air confiné, pour peu qu'il se renouvelle, conserve donc les qualités qui le rendent apte à servir à la respiration. Le renard et le lapin dans leurs terriers, souvent étroits et profonds ; la marmotte dans sa retraite, dont elle ferme l'entrée; la taupe dans ses galeries souterraines, les reptiles cachés sous la terre nous le prouvent suffisamment. Mais il importe de remarquer, d'une part, que les animaux hybernants, une fois engourdis, respirent avec une telle lenteur qu'ils consomment à peine la trentième partie de l'oxygène qu'ils absorbent dans les circonstances ordinaires; aussi peuvent-ils alors, sans périr, séjourner pendant quelque temps dans un air très vicié, pauvre en oxygène, et même dans un milieu composé d'azote, d'hydrogène ou d'acide carbonique; d'autre part, les reptiles, qui peuvent constamment respirer sans danger un air impur, respirent peu une fois plongés dans la torpeur; ils consomment une faible quantité d'oxygène, et en épuisent à peu près complétement le milieu où ils se trouvent. Cette particularité fait comprendre que les crapauds renfermés par Hérissant dans de petites boîtes scellées de plâtre gâché aient vécu plus d'une année aux dépens du peu d'air qui leur parvenait à travers les pores de cette substance.

L'insuffisance d'air ne se fait pas seulement sentir dans des espaces étroits et

exactement fermés ou dans des espaces plus grands dont l'atmosphère n'est pas assez renouvelée, elle exerce encore ses effets dans d'autres conditions : ainsi sur les hautes montagnes, où ce fluide est trop raréfié, et dans plusieurs circonstances plus ou moins anormales, comme lorsque le thorax ne se dilate pas assez, surtout par l'obstacle que la tympanite apporte si souvent, chez les ruminants, au jeu du diaphragme, lorsque la glotte est comprimée ou qu'elle a perdu sa dilatabilité, lorsque les conduits aériens sont rétrécis, les bronches obstruées par des mucosités, le poumon induré, envahi par le tubercule, et devenu imperméable dans la plus grande partie de son étendue.

L'asphyxie se produit dans une atmosphère confinée, lorsque celle-ci est chargée de certains gaz délétères, l'acide sulfhydrique, l'hydrogène phosphoré. Le plus délétère de tous est l'hydrogène sulfuré. Il suffit, d'après les expériences de M. Thenard, que l'air en contienne 1/1500e pour tuer un oiseau, 1/800e pour tuer un chien et 1/250e pour un cheval. Les gaz de cette catégorie déterminent la mort par un véritable empoisonnement, et de la même manière que s'ils étaient injectés en dissolution dans les veines. Ceux qui sont irritants modifient en outre le rhythme des mouvements respiratoires, et paraissent provoquer une contraction spasmodique de la glotte, et même une contraction très prolongée de toutes les puissances expiratrices, comme je l'ai observé sur des vipères et des couleuvres, contraction dont le but est de maintenir les voies aériennes dans une occlusion aussi complète que possible. L'acide carbonique semble agir aussi comme un gaz toxique quand il est mêlé à l'air en très forte proportion, d'abord en diminuant la masse totale de l'oxygène, puis en gênant l'échange qui s'opère dans le poumon entre l'acide carbonique du sang veineux et l'oxygène extérieur, enfin en pénétrant aussi dans les vaisseaux par la voie ordinaire de l'absorption.

L'imperfection croissante et la suspension complète des phénomènes de l'hématose se traduisent par des signes, dont quelques-uns sont à peu près constants. Les animaux éprouvent de l'anxiété, semblent être sous le coup d'un sentiment de pesanteur ; ils font des efforts respiratoires plus ou moins violents ; mais bientôt leurs mouvements s'affaiblissent et leurs sensations s'émoussent ; ils finissent par tomber dans une sorte de torpeur qui anéantit l'instinct de conservation ; du moins ce dernier effet se manifeste sous l'influence de l'acide carbonique, et prouve que ce gaz jouit d'une propriété stupéfiante spéciale. Si l'asphyxie commençante tient au resserrement ou au défaut de dilatation de la glotte, comme à la suite de la section des nerfs laryngés, de la compression, du tiraillement ou de la section des pneumogastriques ; si elle dérive de l'affaissement du poumon par suite d'une grande ouverture aux parois du thorax, la respiration devient profonde, bruyante ; les naseaux se dilatent outre mesure ; la bouche s'ouvre à chaque inspiration ; le mouvement de totalité du larynx devient très étendu ; il y a des bâillements fréquents ; la muqueuse de la bouche et des lèvres, la pituitaire, la conjonctive prennent une teinte violacée, comme on le voit aussi chez les chevaux extrêmement coureurs à la suite d'un exercice rapide ou très pénible, car les solipèdes éprouvent alors les effets d'une véritable asphyxie commençante.

Lorsque l'asphyxie se produit rapidement par la suspension brusque des phénomènes de la respiration, comme après l'occlusion complète de la trachée dans les

expériences, les animaux ne semblent d'abord rien ressentir de particulier pendant cinquante à soixante secondes; mais après ces premiers instants, ils dilatent fortement les naseaux, ouvrent la bouche, font des efforts violents pour se relever s'ils sont couchés, s'agitent vivement, éprouvent des angoisses inexprimables, déploient toutes leurs forces inspiratoires pour mettre en mouvement les parois de leur poitrine; les hypochondres s'écartent l'un de l'autre, les côtes s'élèvent et arrivent aux limites de leur projection en avant; en un mot, le diamètre transverse du thorax s'agrandit outre mesure, sans que cette cavité se dilate réellement, et en même temps que s'opère ce simulacre d'inspiration, la pression atmosphérique déprime l'abdomen et pousse les viscères abdominaux contre le diaphragme, dont le relâchement tient lieu d'une contraction violente. Au bout de trois, quatre, cinq, six minutes d'efforts inouïs, les mouvements respiratoires cessent chez le cheval et le chien, les membres s'agitent convulsivement, puis s'étendent, comme cela arrive au moment de la mort que l'on détermine par effusion de sang, enfin l'animal ne donne plus aucun signe de vie. La mort survient de cette manière pour les espèces que je viens de nommer, le plus souvent de la quatrième à la cinquième minute, d'après mes expériences: elle n'est pas instantanée, car le poumon du cheval renferme toujours en moyenne de 20 à 25 litres d'air, au lieu de huit, comme je l'ai dit, par erreur, dans l'un des paragraphes précédents. A ce moment, le thorax ouvert ne laisse plus voir que quelques légères contractions des oreillettes: celle des ventricules ayant presque toujours cessé.

Dans ces circonstances, il est facile de rappeler à la vie les animaux tant que les mouvements respiratoires continuent à s'opérer; il l'est un peu moins quand ces mouvements sont déjà suspendus, et surtout depuis quelques minutes. Alors il convient tout d'abord de comprimer fortement la poitrine pour expulser une bonne partie de l'air vicié contenu dans le poumon, puis de laisser les parois de cette cavité revenir à leur état primitif, en aspirant mécaniquement une certaine quantité d'air atmosphérique. Mais comme cela ne suffit pas, on a recours à une insufflation qui alterne avec la pression sur les parois thoraciques de manière à imiter autant que possible le jeu successif de l'inspiration et de l'expiration. Bientôt les mouvements respiratoires se raniment et l'animal revient très vite à la vie, si les contractions du cœur conservaient encore une certaine énergie. Toutefois, si cet organe avait cessé de battre, la respiration artificielle serait inutile. L'action du cœur, qui est l'*ultimum moriens*, ne se rétablit plus, une fois qu'elle est complétement suspendue. D'ailleurs c'est en vain qu'on pousse de l'air dans le poumon; il n'y a plus d'hématose dès que l'organe central de la circulation ne pousse plus le sang au foyer de la respiration.

L'asphyxie entraîne d'autant plus rapidement la mort, que les animaux sont plus éloignés de l'époque de leur naissance. Buffon avait déjà observé que de petits chiens peuvent séjourner à plusieurs reprises dans du lait tiède, et jusqu'à une demi-heure chaque fois, sans y mourir. Legallois (1) a reconnu que, sur de jeunes lapins asphyxiés par submersion, la sensibilité persistait 15 minutes le premier jour, 10 minutes le cinquième, 4 minutes le dixième, 3 minutes le quinzième,

(1) *Expériences sur le principe de la vie.* Paris, 1812, p. 79.

2 minutes le vingtième et le vingt-cinquième, 1 minute et demie seulement le trentième. Les bâillements se continuaient pendant 27 minutes le premier jour, 16 le cinquième, 5 le dixième, 4 le quinzième, 3 le vingtième, et le vingt-cinquième, 2 et demie le trentième. W. Edwards a reconnu, par de nouvelles expériences, que tous les mammifères ne doivent pas, sous ce rapport, être placés sur la même ligne. Ceux qui naissent avec les paupières ouvertes, le corps couvert de poils, et qui jouissent dès les premiers instants d'une grande liberté de mouvements, comme les petits des solipèdes et des ruminants, se refroidissent assez difficilement et s'asphyxient avec promptitude. Au contraire, ceux qui naissent les paupières fermées se refroidissent aisément et s'asphyxient avec plus de lenteur : le lapin et les carnassiers se trouvent compris dans ce dernier groupe.

Le mode de développement, la succession et la nature intime des phénomènes de l'asphyxie se prêtent difficilement à l'analyse. Aussi les physiologistes sont-ils loin de posséder sur ce point toutes les données positives que l'on pourrait désirer.

Autrefois on croyait que l'asphyxie résultait du plissement des vaisseaux pulmonaires qui, devenant à peu près imperméables au sang, ne permettaient pas à ce fluide de passer des cavités droites dans les cavités gauches du cœur. Les partisans de cette opinion pensaient que le poumon, sans être totalement affaissé, n'était pas assez dilaté pour maintenir ses vaisseaux à leur calibre normal ; ils citaient la célèbre expérience de Vésale, répétée plus tard par Hooke ; expérience dans laquelle on voyait les mouvements du cœur reprendre une nouvelle activité, et la circulation se rétablir dès que, sur un animal dont la poitrine était ouverte et le poumon revenu sur lui-même, on poussait de l'air dans cet organe de manière à le distendre et à entretenir une respiration artificielle. Haller partagea ces idées. Goodvyn le premier s'en affranchit : il attribua la mort par asphyxie à la suspension des mouvements du cœur, par suite du défaut de stimulation du sang noir sur cet organe. Plus tard Bichat établit que le plissement des vaisseaux du poumon dans l'asphyxie est imaginaire, et que ce plissement, à supposer qu'il existât, ne pouvait être un obstacle à la circulation pulmonaire ; enfin il démontra que le sang noir est impropre à entretenir l'excitation et la vie de tous les organes.

Bichat reconnut que pendant l'asphyxie le cœur continue à se contracter, et que la circulation persiste, comme le prouve l'inspection directe de cet organe, les pulsations artérielles, la force et le caractère saccadé du jet qui s'échappe des artères ouvertes. La circulation s'opère même encore pendant quelques instants après que la poitrine a été ouverte pour déterminer l'affaissement du poumon, et alors le sang passe dans les vaisseaux sinueux de cet organe, comme il passe dans ceux de l'estomac et de l'intestin devenus flexueux par la vacuité de ces viscères. Si les différents organes de l'économie cessent de fonctionner, si le cerveau cesse de percevoir les impressions, si les centres nerveux sont frappés d'inertie, si les muscles ne peuvent plus se contracter, si, en un mot, chaque partie de l'organisme est mise dans l'impossibilité d'agir, ce n'est pas faute de recevoir du sang, mais c'est faute de recevoir le sang vermeil, oxygéné, qui seul possède la propriété de les stimuler et d'entretenir leur vitalité. En effet, d'après Bichat, le cœur, continuant à se contracter, envoie à tous les organes du sang qui a perdu ses qualités vivifiantes, et qui peut-être est devenu délétère. Ce sang va asphyxier, en quelque sorte, ou

frapper de mort toutes les parties, en pénétrant leur tissu et en se mettant en contact avec chacune de leurs fibres et de leurs molécules. Le cerveau, qui paraît ressentir le premier son influence funeste, cesse bientôt d'agir, et par suite plus de sensations, de perception, d'opérations intellectuelles ; les nerfs ne remplissent plus leur office de conducteurs: les muscles se paralysent; le cœur lui-même, tout en envoyant le fluide délétère aux divers organes, le projette dans ses propres vaisseaux, qui le mettent en rapport avec chacune de ses fibres; il s'asphyxie ainsi lui-même progressivement en asphyxiant toutes les autres parties; aussi son action, qui s'affaiblit peu à peu, ne tarde pas à s'éteindre; mais cette extinction survient la dernière, alors que la vie a déjà abandonné tout le reste de l'organisme.

L'enchaînement de ces différents phénomènes est parfaitement saisi par Bichat. Les centres nerveux, éprouvant tout d'abord l'impression stupéfiante du sang noir, cessent d'agir, comme le prouve la perte des sens et des facultés intellectuelles. Ces centres ne distribuent bientôt plus aux muscles l'influx qui les met en jeu, et dès lors les mouvements généraux et les mouvements respiratoires se suspendent. Ces mêmes centres, desquels dépend plus ou moins directement la contractilité rhythmique du cœur, cessent d'exciter les mouvements de cet organe, et le cœur, dont le tissu déjà imprégné de sang noir n'est plus suffisamment stimulé, s'affaiblit insensiblement, et enfin cesse de battre.

Il y a donc dans l'asphyxie générale, comme le dit l'illustre physiologiste, asphyxie partielle de chaque organe; de telle sorte que s'il était possible d'envoyer du sang noir à un certain nombre de parties, celles-ci s'asphyxieraient seules, pendant que les autres continueraient à agir. Seulement, si le sang noir frappe d'inertie un organe important dont l'action ne puisse se suspendre sans entraîner la suspension de celle des autres, la mort ne tarde pas à avoir lieu. Bichat en donne pour preuve cette ingénieuse expérience qui consiste à faire communiquer, à l'aide d'un tube, la carotide d'un animal (qui s'asphyxie, par occlusion de la trachée), avec la carotide d'un autre chien, de manière à envoyer du sang noir au cerveau de ce dernier. Alors on voit, après avoir pris les précautions nécessaires pour éviter une congestion cérébrale, se manifester les phénomènes qui amènent le trouble, puis l'abolition des fonctions du cerveau; enfin la mort survient consécutivement à cet état, si l'on ne rétablit dans les vaisseaux de la tête le cours du sang artériel.

Ainsi c'est le sang noir qui, distribué à toutes les parties, en fait cesser promptement l'action, faute de pouvoir l'entretenir. Mais pourquoi ce sang, qui perd en quelques secondes sa teinte vermeille en traversant les systèmes capillaires, perd-il en même temps la propriété de stimuler et de vivifier les organes. A quels changements physiques et chimiques doit-il la perte de ses propriétés normales, et comment ces modifications, si promptement opérées, lui ôtent-ils son action vivifiante? Est-ce à quelque différence dans les proportions de son oxygène, de son acide carbonique, de sa fibrine, de ses globules? Tout porte à croire que le sang noir est impropre à entretenir la vie des organes, parce qu'il ne possède plus, en quantité suffisante, ce principe gazeux qui détermine ces combinaisons incessantes, d'où résultent une combustion et une transformation perpétuelle de la matière vivante. Le génie de Bichat l'avait deviné. C'est peut-être, dit-il, par la combinaison

des principes qui rendent le sang vermeil avec les tissus que ce fluide entretient la vie de toutes les parties, et, si cela est, ce sang noir, d'ailleurs saturé des éléments auxquels il doit sa teinte foncée, ne pouvant plus offrir aux tissus les matériaux de cette union si essentielle, se trouve dépourvu de ses propriétés vivifiantes. Quoi qu'il en soit, c'est un fait bien étonnant que ce sang, en devenant veineux, perde en quelques instants la faculté d'entretenir la vie et le mouvement moléculaire incessant qui s'effectue dans la trame de tous les organes : il démontre assez l'importance des phénomènes respiratoires et leurs connexions intimes avec les actes essentiels de l'organisme.

CHAPITRE XXXVIII.

DE L'INFLUENCE DU SYSTÈME NERVEUX SUR LES PHÉNOMÈNES DE LA RESPIRATION.

Les actes nombreux que nous venons d'exposer successivement s'opèrent par l'intervention combinée de plusieurs nerfs, qui dérivent, les uns de l'encéphale, les autres de la moelle épinière; mais le principe de leur association admirable dérive d'un centre unique, dont la destruction suspend immédiatement le jeu de toutes les parties de l'appareil respiratoire. Ces nerfs sont le facial, le pneumogastrique, l'accessoire de Willis, plusieurs branches du plexus brachial, le phrénique, les intercostaux et les nerfs lombaires ramifiés dans les muscles de l'abdomen. Ils président à l'action des naseaux, du larynx, des parois thoraciques, des parois abdominales et à celle du poumon. Examinons d'abord le rôle spécial de chacun de ces nerfs avant de rechercher le point de départ de leur influence collective, et essayons de préciser exactement la part qu'ils prennent d'abord aux phénomènes mécaniques, puis aux phénomènes chimiques de la respiration.

Le jeu des narines dans la respiration ordinaire, celui des mâchoires et du voile du palais dans la respiration pénible, pendant laquelle la bouche livre passage à une certaine quantité d'air, dépendent du nerf de la septième paire, que Bell a appelé le *respirateur de la face*. Ce nerf moteur, anastomosé avec le trifacial, le pneumogastrique et le glosso-pharyngien, envoie des ramifications à diverses parties de la face, notamment aux muscles des ailes du nez, à ceux des lèvres, des joues, du voile du palais et au muscle digastrique, abaisseur de la mâchoire inférieure. Sa section, faite, soit lorsqu'il s'échappe du trou stylo-mastoïdien, soit à son arrivée sur le bord postérieur du maxillaire, paralyse les muscles qu'il anime. Alors les ailes du nez se rapprochent comme elles le sont sur le cadavre, et ne se dilatent plus à chaque inspiration ; les lèvres deviennent pendantes, les joues flasques; par suite, la respiration est rendue difficile et un peu bruyante ; l'animal est menacé d'asphyxie, si on le soumet à une course rapide ou à un exercice pénible ; ses joues, soulevées par l'air qui s'échappe en partie par la bouche lors de l'expiration, se réappliquent souvent avec bruit sur les arcades molaires à chaque inspiration. Cet état des naseaux et des joues s'observe quelquefois pendant les derniers moments de certaines maladies des solipèdes, et il devient, dans ce cas, d'autant plus remarquable que la dilatation passive

et bruyante des naseaux s'effectue au moment de l'expiration. La section du facial, faite d'un seul côté, permet à l'observateur de comparer le jeu des parties du côté du nerf intact avec l'état d'inertie des parties opposées. Du reste, cette section, qu'elle porte sur un seul nerf ou sur les deux à la fois, apporte à la respiration une gêne plus considérable chez les solipèdes dont les ailes du nez sont souples et très mobiles, et chez la brebis principalement, que chez les animaux qui ont ces parties fermes, rigides, peu susceptibles de s'affaisser, et qui respirent aisément par la bouche, comme les carnassiers par exemple.

L'écartement des mâchoires, lorsque l'animal respire par la bouche ou lorsqu'il bâille, n'est pas aussi évidemment sous la dépendance du facial que la dilatation des naseaux, non plus que l'élévation du voile du palais dans les mêmes conditions; néanmoins, comme le digastrique reçoit un filet de la septième paire, et que le voile du palais en reçoit aussi du même nerf, il est incontestable que l'abaissement de la mâchoire et l'élévation du voile palatin sont en partie influencés par le respirateur de la face. Mais comme ces deux effets résultent aussi de l'intervention d'autres paires, ils ont encore lieu après la section du facial.

Les mouvements des ailes du nez, de la bouche et du voile du palais, ont cela de remarquable qu'ils persistent en plusieurs circonstances dans lesquelles ils n'ont aucune utilité. Ils s'opèrent avec leur rhythme ordinaire lorsque la trachée, ouverte ou coupée en travers, reçoit directement l'air extérieur et lui donne passage dans les mouvements d'inspiration et d'expiration; ils continuent également sur les animaux que l'on asphyxie en leur fermant la trachée; enfin on les voit s'effectuer avec une certaine régularité après la section de la moelle épinière, en arrière de l'occipital, de même que sur la tête des animaux décapités, quoique dans ces deux derniers cas tous les autres mouvements respiratoires soient suspendus.

Le jeu du larynx, en ce qui concerne la respiration, est sous la dépendance de plusieurs nerfs: il tient aux laryngés supérieurs et aux récurrents, relativement, au mouvement de la glotte; à des ramifications du facial et des nerfs cervicaux pour ce qui a trait aux mouvements de totalité de cet organe.

Le laryngé supérieur dérivé du pneumo-gastrique devenu mixte par ses anastomoses avec le spinal, paraît prendre une très faible part aux mouvements partiels du larynx. La plupart de ses divisions sont destinées à la membrane muqueuse laryngienne, à laquelle elles donnent la sensibilité; quelques-unes d'entre elles se rendent au crico-thyroïdien et à l'aryténoïdien. Sa section, d'après les expériences de M. Longet (1), donne un peu de raucité à la voix, mais n'apporte aucun obstacle à l'introduction de l'air dans les voies aériennes.

Les laryngés inférieurs ou récurrents, dont Galien a tant célébré la découverte, se distribuent à tous les muscles dilatateurs et constricteurs du larynx, excepté seulement le crico-thyroïdien, puis s'anastomosent avec les laryngés supérieurs par une branche assez forte chez les animaux, notamment les solipèdes et les ruminants. C'était par une erreur, relevée depuis longtemps par une foule d'anatomistes, que M. Magendie considérait ce nerf comme spécialement destiné aux muscles dilatateurs du larynx.

(1) *Anatomie et physiologie du système nerveux.* Paris, 1842, t. II, p. 274.

Bien que, depuis Galien, divers expérimentateurs aient pratiqué la ligature ou la section des récurrents, l'influence de ces nerfs sur les mouvements respiratoires du larynx avait échappé à Vésale, à Riolan, à Haller et à d'autres physiologistes habiles, qui cependant avaient reconnu leur rôle dans la production de la voix. Legallois (1) le premier observa qu'elle préside à la contraction des muscles laryngiens et aux mouvements par lesquels la glotte se dilate à chaque inspiration ; il fit voir que la section des nerfs vagues produit sur la glotte le même effet que celle des récurrents. Cet ingénieux expérimentateur ayant détaché, sur des lapins, des chats et des chiens très jeunes, le larynx de l'os hyoïde et des parties adjacentes, de manière à mettre cet organe complétement à découvert, a vu que, à l'état normal, l'ouverture du larynx exécute des mouvements qui correspondent régulièrement à ceux du thorax. A chaque inspiration la glotte s'élargit et offre un large passage à l'air entre les cordes vocales et les aryténoïdes, et au contraire, à chaque expiration, cette fente se rétrécit, au point, dit-il, de se fermer presque entièrement. Alors, dès que les récurrents ou les nerfs vagues venaient à être coupés, les cordes vocales et les aryténoïdes se rapprochaient et devenaient immobiles, la glotte présentait l'aspect d'une fente étroite dont les dimensions demeuraient à peu près invariables. Par suite de ce rétrécissement permanent et très prononcé, l'air éprouvait une très grande difficulté à pénétrer dans les voies aériennes au moment de l'inspiration; mais il s'en échappait assez aisément, lors de l'expiration, en écartant passivement les rubans vocaux paralysés. C'est donc en paralysant les muscles dilatateurs du larynx que la section des récurrents apporte une gêne considérable à la respiration, gêne qui peut aller jusqu'à la suffocation.

En effet, Legallois ayant coupé ces deux nerfs sur de jeunes chiens, sur des chats, des lapins, des cochons d'Inde âgés de quelques jours, a vu la respiration devenir extrêmement pénible, s'accompagner de tous les phénomènes d'une asphyxie lente, et déterminer la mort en une demi-heure, une heure, et rarement plus. Mais sur des animaux plus âgés, la suffocation est de moins en moins considérable à mesure qu'on se rapproche de l'âge adulte ; déjà, à l'âge de trois mois, la section des laryngés ne fait plus périr le chien. Toutefois il est des espèces qui en souffrent plus que d'autres, suivant la conformation particulière de leur larynx. Dans tous les cas, la dyspnée devient extrême et va jusqu'à la suffocation, notamment chez les chats, si on les tourmente ou si on les force soit à monter vite ou à courir pendant quelques instants. La suffocation cesse et la respiration reprend ses caractères normaux, si l'on ouvre la trachée, comme le propose Legallois, preuve évidente que l'obstacle au passage de l'air réside dans le rétrécissement de la glotte.

Ce rôle des récurrents et ces phénomènes qui résultent de leur section, sont parfaitement exposés dans tous leurs détails et interprétés avec une admirable sagacité par Legallois. Seulement le jeu des différentes parties du larynx dans l'état normal, et les modifications qu'y apporte la section des récurrents, peuvent devenir, notamment chez les solipèdes, sensibles à la vue et au toucher par le procédé que j'ai imaginé, et qui consiste à pratiquer, sans délabrement, une fenêtre au larynx, en enlevant la lame membraneuse de l'échancrure thyroïdienne entre le thyroïde et le

(1) *Expériences sur les principes de la vie*, p. 187 et suiv.

cricoïde; procédé infiniment préférable à l'expérience compliquée et sanglante de Legallois. Plusieurs physiologistes modernes, tout en commentant Legallois, se sont montrés moins judicieux que lui; ils ont cru que la paralysie du larynx entraînait une occlusion complète de la glotte, sinon dans tous les cas, au moins dans la plupart. C'est là une erreur capitale dans laquelle personne n'aurait dû tomber. En effet, d'une part, sur le cadavre, soit avant, soit pendant la rigidité, la glotte n'est pas fermée; il reste entre les cordes vocales, et surtout entre les deux aryténoïdes, une fente assez large: pourtant tout est paralysé. D'autre part, sur l'animal vivant, au moment de l'expiration, les deux lèvres de la glotte ne se touchent pas, non plus que les deux aryténoïdes, bien que les muscles dilatateurs soient relâchés. Or, ce qui s'observe dans ces deux circonstances se voit aussi très nettement après la section des deux récurrents, particulièrement sur le cheval dont on a ouvert le larynx par l'excision de la membrane qui ferme l'échancrure située au bord inférieur du cartilage thyroïde. La glotte se présente alors sous la forme d'une fente triangulaire à base postérieure, c'est-à-dire étroite, entre les rubans vocaux, et plus large entre les aryténoïdes. Son aire conserve constamment les mêmes dimensions qu'après la mort, c'est-à-dire une étendue que j'ai trouvée égale en moyenne à 5 centimètres carrés, ou à peu près la moitié de celle qu'elle offre normalement pendant l'inspiration. En conséquence, l'air atmosphérique peut encore très bien parvenir dans les voies aériennes et en être éliminé, chez les solipèdes dont les laryngés inférieurs sont coupés. Seulement, comme à chaque inspiration il n'en peut pénétrer que la moitié, ou à peu près, de ce qui y arrive à l'état ordinaire, cette quantité est insuffisante à l'hématose, si le nombre des mouvements respiratoires n'est pas augmenté. De là, la gêne de la respiration, le bruit qu'elle fait entendre, le danger plus ou moins imminent de suffocation, surtout dès que les animaux sont soumis à un exercice pénible ou à une allure un peu rapide, comme on le voit du reste sur les chevaux appelés corneurs, et chez lesquels il y a le plus communément ou lésion des récurrents, ou atrophie des muscles d'un côté du larynx. On conçoit du reste que la gêne de la respiration, à la suite de cette section, soit plus ou moins considérable, suivant la conformation du larynx et les dimensions de la glotte dans l'état de relâchement. En effet, cette ouverture est, comme le dit Legallois, plus grande dans certaines espèces que dans d'autres, plus grande encore, proportionnellement, à l'âge adulte que vers l'époque de la naissance, pour des animaux de même espèce. J'ajoute que cette ouverture n'a pas chez tous ni la même forme, ni les mêmes proportions en avant et en arrière. Chez tels animaux, les carnassiers par exemple, les cordes vocales sont minces, souples, et la partie de la glotte comprise entre les aryténoïdes est fort petite. Chez les solipèdes, au contraire, la partie inter-aryténoïdienne de la glotte, dont l'occlusion n'est jamais possible, offre une grande étendue. Enfin, chez les jeunes sujets, outre que le larynx est étroit, ses cartilages sont épais, mous, ses membranes très vasculaires, disposées à la turgescence, d'où résulte une insuffisance assez prononcée dans le passage de l'air pour déterminer l'asphyxie en quelques heures et même en un temps beaucoup plus court.

Ainsi donc, lorsque l'influence des laryngés inférieurs est anéantie, la glotte conserve d'une manière permanente, purement passive, un certain degré d'ouverture qui, dans la plupart des animaux d'un âge un peu avancé, suffit au pas-

sage de l'air et devient compatible avec la vie. Il est par conséquent inutile de rechercher, avec plusieurs auteurs, comment l'air parvient à s'engager dans le larynx à chaque inspiration et à en sortir au moment de l'expiration. Il n'y a pas ici de porte à ouvrir : la porte est ouverte.

Quant aux mouvements de totalité du larynx, ils sont soumis à l'influence des nerfs qui se distribuent aux muscles extrinsèques de cet organe fixés à l'hyoïde et au sternum. Ces mouvements de totalité, à peu près insensibles dans la respiration ordinaire, à laquelle ils ne sont nullement nécessaires, deviennent très prononcés dans la respiration pénible qui s'accompagne de bâillements fréquents ou simplement de l'ouverture de la bouche à chaque inspiration. Ils consistent en un abaissement lors de l'inspiration, et en une élévation correspondant à l'expiration. Ils ne s'effectuent plus après la section de la moelle allongée en arrière de l'occipital, tandis que les mouvements partiels, c'est-à-dire ceux des cordes vocales et des aryténoïdes, continuent encore pendant un certain temps, du moins sur de jeunes chiens, comme je l'ai observé plusieurs fois. Cette différence s'explique très bien par la différence d'origine des nerfs sous la dépendance desquels se trouvent ces deux ordres de mouvements.

Il est à présumer que les mouvements de totalité du larynx entraînent dans l'inspiration un mouvement particulier de dilatation du pharynx en harmonie avec l'élévation du voile du palais. Tout porte à croire que ces mouvements du pharynx, utiles au passage de l'air dans la respiration laborieuse, sont influencés d'une part par le rameau pharyngien émané du spinal et de la paire vague, de l'autre par les ramifications que les récurrents envoient aux muscles pharyngiens. Mais ce sont là des détails accessoires, arrivons aux nerfs qui tiennent sous leur dépendance le jeu des parois thoraciques.

Les nerfs qui président à la contraction des muscles moteurs des côtes sont d'abord les intercostaux ramifiés dans les muscles de ce nom, dans les sus-costaux, l'intercostal commun, les petits dentelés, le transversaire des côtes, le triangulaire du sternum, puis les thoraco-musculaires et l'accessoire de Willis. L'intervention des nerfs intercostaux formés de filets sensitifs et de filets moteurs, se déduit si rationnellement de leur mode de distribution, qu'il serait superflu de la démontrer par la voie expérimentale, comme Galien le fit du reste sur de petits animaux. Elle s'exerce à la fois sur les muscles inspirateurs et sur ceux qui sont affectés à l'expiration; car les nerfs dorsaux, qui fournissent les intercostaux, se distribuent dans tous indistinctement, de même que dans les muscles spinaux, le sous-cutané du thorax, dont l'action est étrangère aux mouvements de la poitrine. Les thoraco-musculaires peuvent, jusqu'à un certain point, se ranger dans la même catégorie, notamment le principal d'entre eux, désigné par Ch. Bell sous le nom de *nerf respiratoire externe du thorax.* Ce dernier, que j'ai irrité plusieurs fois sur des moutons vivants, provoque effectivement des contractions énergiques du grand dentelé de l'épaule dans lequel il se distribue; mais il m'a été impossible de voir nettement si les rides du muscle contracté produisaient plutôt l'élévation des côtes que l'adduction de l'épaule, relativement au thorax. Enfin le nerf spinal ou respiratoire supérieur du tronc, d'après les idées de Bell, serait un auxiliaire puissant de ceux qui viennent d'être nommés.

Il est incontestable que chez l'homme le sterno-cléido-mastoïdien, en raison de ses attaches au sternum et à la clavicule, peut prendre une très grande part aux mouvements de totalité du thorax lors de l'inspiration, et à ceux de l'épaule susceptibles de les favoriser. Très probablement aussi, ce muscle, appelé mastoïdo-huméral dans les animaux, peut, par suite de son insertion accessoire au sternum, concourir à projeter en avant le thorax et à le fixer, notamment chez les carnassiers, où la poitrine jouit d'une très grande mobilité; mais rien n'indique que ce muscle, et le trapèze dorsal paraissent disposé de manière à servir sensiblement à la respiration chez les ruminants, les solipèdes et en général chez tous les mammifères ongulés de haute taille. Ch. Bell (1) dit pourtant que le mastoïdo-huméral, auquel il annexe le sterno-maxillaire, entre « dans une action violente sur l'âne, dont la respiration est très accélérée, et que cette action cesse aussitôt que l'on pratique la section de ce nerf. » Il prétend avoir constaté que sur cet animal la contraction des muscles du cou, du larynx et de l'épaule, alors en rapport avec le spinal, n'est plus possible, en ce qui concerne la respiration, une fois que ce nerf est coupé; toutefois il ajoute que ces mêmes muscles conservent la faculté d'exécuter leurs mouvements volontaires habituels. J'avoue ne pas concevoir comment le sterno-maxillaire et le mastoïdo-huméral peuvent jouer dans les mouvements respiratoires du thorax le rôle que leur assigne le savant physiologiste. La section de la branche externe du spinal, pratiquée sur le cheval au niveau de l'atlas, ne m'a fait reconnaître aucune modification appréciable dans les mouvements du thorax, aussi bien lorsque la respiration devient difficile que dans les circonstances ordinaires. Les mouvements de l'épaule ont d'ailleurs conservé leur liberté la plus entière, puisque les paires cervicales ramifiées dans le mastoïdo-huméral et dans les autres muscles de l'encolure restaient parfaitement intactes. L'influence du spinal sur les mouvements respiratoires du tronc est donc très problématique en ce qui concerne les grands animaux. Elle est tout à fait nulle dans les oiseaux, où ce nerf n'a pas de branche accessoire et où d'ailleurs le mastoïdo-huméral manque, d'après Bell; double particularité qui se retrouverait aussi dans le chameau, suivant le même observateur.

Enfin les phréniques complètent la série des nerfs spécialement affectés aux mouvements respiratoires du thorax. Leur rôle est depuis fort longtemps établi par les recherches d'un grand nombre d'expérimentateurs. Galien, en pratiquant la ligature de ces cordons nerveux, avait déjà reconnu qu'ils président à la contraction du diaphragme, et le fait a été confirmé par Lower, Swammerdam, Haller et divers auteurs modernes, qui ont indiqué les modifications que la paralysie de ces nerfs apporte au rhythme de la respiration.

Lorsque l'un des nerfs phréniques est mis à découvert et incisé sur un animal vivant, on voit se produire aussitôt un soulèvement brusque de l'abdomen, indiquant une convulsion du diaphragme. Celle-ci devient très manifeste si l'abdomen est ouvert et si les viscères abdominaux sont éloignés de la face postérieure de la cloison. La contraction convulsive se répète à chaque irritation nouvelle, pourvu

(1) *Exposition du système naturel des nerfs du corps humain*, traduit de l'anglais par J. Genest. Paris, 1825, p. 127.

que le tissu du nerf n'ait pas été trop fortement lésé, car la pression exercée sur lui, à l'aide des pinces, suffit pour lui enlever, comme à tous les autres cordons nerveux, la propriété de transmettre au muscle l'effet de l'excitation appliquée en un point antérieur au point lésé. L'application d'un courant électrique continu à l'un des deux phréniques rend permanente la contraction du diaphragme, et finit par déterminer l'asphyxie. Comme l'irritabilité du nerf se conserve souvent pendant plus d'une demi-heure après la mort, il est facile de reproduire ces phénomènes dans tous leurs détails.

La ligature ou la section de l'une des branches d'origine du nerf phrénique étalées à la surface du scalène ne produit pas d'effet sensible. Celle de l'un des nerfs paralyse nécessairement la moitié correspondante du diaphragme; la section des deux à la fois frappe d'inertie la totalité du muscle. Toutefois, même dans ce dernier cas, la respiration n'en est pas considérablement troublée, si ce n'est dès le principe, par suite des douleurs et des mouvements violents que provoque l'opération. Lower a noté, il est vrai, qu'elle devient chez les chiens, analogue à celle du cheval poussif, ce que je n'ai point observé, pour ma part: elle ne m'a semblé sur les solipèdes ni plus pénible, ni beaucoup plus profonde après la section des deux nerfs qu'elle ne l'est habituellement. Les chevaux respirent alors douze à quinze fois par minute, au lieu de dix comme à l'ordinaire; encore l'accélération légère peut-elle être attribuée à la souffrance produite par l'opération. Les côtes ne paraissent pas éprouver un déplacement outré; seulement le flanc se creuse sensiblement à chaque inspiration. J'ai remarqué que le cheval, dont les nerfs phréniques sont coupés, dilate encore très bien la poitrine, la trachée étant hermétiquement fermée, phénomène regardé comme impossible par divers auteurs dans de telles conditions, et qui s'accomplit ici, grâce à la projection des viscères abdominaux du côté du thorax, à l'instant de l'élévation des parois costales; de telle sorte qu'à proprement parler la capacité de la poitrine reste invariable, et que son agrandissement transversal est compensé par son rétrécissement, suivant le diamètre antéro-postérieur.

La contraction des muscles abdominaux, qui prend une si grande part à l'expiration et à plusieurs actes liés intimement aux mouvements respiratoires, dépend à la fois des nerfs intercostaux et des nerfs lombaires. Les premiers donnent surtout des ramifications au grand oblique et au transverse, les seconds au petit oblique et au grand droit. Le petit oblique seul paraît ne recevoir de nerfs que des paires lombaires, tandis que les trois autres en reçoivent, en proportion inégale, de celles-ci et des paires dorsales.

L'influence du facial, de l'accessoire de Willis, des nerfs vagues, des phréniques, des thoraco-musculaires, des paires dorsales et lombaires sur les actes mécaniques de la respiration est donc extrêmement simple et susceptible d'une analyse exacte. Celle des pneumo-gastriques sur les fonctions du poumon, et particulièrement sur les phénomènes chimiques de la respiration, ne peut être aussi facilement appréciée que la première. Essayons de la déterminer, avant de rechercher le principe duquel dérive l'activité de tous les nerfs du système respiratoire.

La plupart des physiologistes qui autrefois avaient observé les effets de la section des nerfs vagues, rapportaient à un trouble des fonctions pulmonaires les phé-

nomènes d'asphyxie qui suivent de près ou de loin cette section. Legallois, le premier, reconnut que l'effet immédiat de la cessation de l'influence des pneumo-gastriques consiste dans la paralysie des muscles dilatateurs de la glotte, et par conséquent, en un obstacle mécanique au libre passage de l'air à travers les voies aériennes, et il fit voir que ce résultat est tout à fait identique avec celui qui dérive d'une simple section des nerfs récurrents, car dans l'un et l'autre cas une ouverture pratiquée à la trachée fait disparaître la dyspnée et prévient la suffocation. De plus, Legallois vit bien que la section des nerfs vagues avait d'autres résultats que la paralysie de la glotte, puisque l'ouverture faite à la trachée, si large qu'elle soit, n'empêche point la mort de survenir au bout de plusieurs jours; il observa que l'engouement progressif du poumon, l'accumulation de mucosités dans les tuyaux bronchiques déterminent une asphyxie lente qui, en se compliquant des troubles de la circulation et de la digestion, ne tarde pas à entraîner la mort.

Ce n'est donc pas seulement en mettant obstacle à la dilatation de la glotte et au libre passage de l'air que la section des nerfs vagues entraîne la mort, c'est encore, et surtout, par les lésions matérielles qu'elle produit au sein du poumon, par les modifications qu'elle apporte au rhythme des mouvements respiratoires, enfin par les troubles qu'elle jette dans l'action du cœur. Il ne peut s'élever le moindre doute sur la multiplicité des résultats de la section des pneumo-gastriques, et sur la part de chacun d'eux à la mort qui suit toujours, sans exception et dans un délai plus ou moins prolongé, la cessation de l'influence exercée par ces nerfs. Toute la difficulté consiste à montrer l'évolution successive de ces résultats, leur filiation, leur importance respective, et enfin à prouver le mode suivant lequel ils contribuent à une mort inévitable. Cette difficulté est immense en présence de la confusion que les physiologistes ont jetée sur la question; mais l'observation attentive des phénomènes qui se manifestent quand l'intervention des pneumo-gastriques est complétement éteinte va nous éclairer plus sûrement que les dissertations des auteurs qui depuis Galien ont répété l'expérience si simple de la section des nerfs vagues.

Cette section, faite sur le chien, le lapin, le cheval, avec toutes les précautions nécessaires pour éviter la compression et le tiraillement des nerfs, n'apporte pas immédiatement de troubles profonds dans la respiration. L'animal éprouve une douleur légère à l'instant de la division des nerfs; aussitôt après, les battements du cœur se précipitent, et plus tard les mouvements respiratoires se ralentissent en devenant plus étendus. Au bout de quelques minutes, la dilatation des narines s'exagère quelque peu, l'inspiration s'accompagne d'un très léger bruit, une vague inquiétude semble s'emparer de l'animal: le cheval frappe du pied, se déplace fréquemment, baisse et relève alternativement la tête, en étendant l'encolure, comme s'il éprouvait un resserrement ou une compression à la gorge. Insensiblement l'anxiété de l'animal semble se dissiper, son agitation se calme; il se tient debout et immobile; la respiration devient de plus en plus lente et profonde, tandis que les battements du cœur augmentent de fréquence tout en perdant de leur force. Néanmoins les choses ne se passent pas toujours ainsi. Si les nerfs ont été pincés à plusieurs reprises, s'ils ont été tiraillés avant d'être isolés et coupés, si l'animal est contraint à des efforts pour se dégager des mains de l'opérateur, s'il est soumis à une course de quelques instants, aussitôt la circulation se trouble, la respiration

devient bruyante, profonde, pénible; la dilatation des narines arrive à ses dernières limites; le déplacement des côtes est porté à l'extrême; la bouche s'ouvre chaque inspiration; l'animal secoue la tête, frappe du pied, éprouve une angoisse inexprimable, et semble sous le coup d'une asphyxie imminente; souvent alors il tombe et meurt en une demi-heure ou une heure; mais aussi très souvent il se remet peu à peu, et tombe dans le même état que l'animal dont les nerfs ont été coupés sans être ni comprimés, ni soumis à la moindre traction.

Il importe donc d'effectuer la résection des nerfs sans exercer sur eux une irritation plus ou moins vive; car celle-ci, qu'elle dérive d'une compression ou d'un tiraillement, devient une cause nouvelle de troubles plus violents que ceux qui résultent de l'interruption de l'influx nerveux. Si cette cause s'ajoute à la première, comme cela arrive souvent chez les animaux à encolure courte dont les nerfs sont difficiles à dégager de leurs connexions avec les parties adjacentes, la dyspnée est portée à ses dernières limites; les phénomènes d'asphyxie revêtent un caractère effrayant, et les animaux meurent souvent en moins d'une demi-heure ou d'une heure. Haller, Legallois et d'autres expérimentateurs ont observé cette terminaison funeste sans voir qu'elle tenait à une cause parfaitement distincte de l'interruption de l'influence nerveuse des pneumo-gastriques.

L'irritation portée sur les nerfs vagues est tellement bien une cause spéciale de troubles dans les phénomènes de la circulation et de la respiration que, après la section, il suffit de tirailler le segment inférieur pour faire naître aussitôt une dyspnée intense susceptible de donner lieu à la suffocation. D'ailleurs, sans lier ni couper les nerfs, on peut, en faisant passer par l'un d'eux un courant galvanique continu, troubler si fortement la circulation, et en particulier l'action du cœur, que la mort arrive en un laps de temps très court.

Pour mieux suivre les effets de l'interruption de l'influx nerveux des pneumo-gastriques, et pour isoler ceux qui portent sur le poumon et le cœur de ceux qui tiennent au rétrécissement de la glotte, il convient d'ouvrir largement la trachée, comme Legallois eut l'heureuse idée de le faire dans ses expériences. Par là on prévient la dyspnée et on la fait cesser, si déjà elle s'est manifestée; de plus on prolonge de quelques jours la vie des animaux; mais à cela se borne l'influence de la trachéotomie: la respiration ne continue pas moins à se ralentir en devenant de plus en plus profonde; la circulation s'accélère comme à l'ordinaire, et le développement des lésions matérielles et fonctionnelles du poumon suit sa marche accoutumée; cependant les premières arrivent, grâce à la trachéotomie, à un degré qu'elles atteignent rarement sans son intervention: aussi sont-elles alors plus facilement appréciables, et susceptibles de mieux refléter les troubles auxquels la cessation de l'influence nerveuse a donné lieu.

Dans tous les cas, la section des nerfs vagues a pour résultats constants: 1° de rendre la respiration de plus en plus profonde et rare; 2° de précipiter les contractions du cœur en affaiblissant leur énergie; 3° de restreindre à des proportions graduellement décroissantes l'activité des phénomènes chimiques de la respiration; 4° d'abaisser peu à peu la chaleur animale; 5° enfin d'amener le poumon à un état tel que les opérations de l'hématose finissent par ne plus pouvoir s'y opérer.

Le ralentissement de la respiration, ou, en d'autres termes, la diminution progres-

sive du nombre des mouvements respiratoires, dans un temps donné, après la section des nerfs vagues, a été notée par Legallois, Dupuy, Broughton, Mayer et d'autres encore. Ce dernier a constaté qu'un âne, qui avant l'opération respirait 17 fois par minute, ne respirait plus que 7 ou 8 fois dans les derniers jours qui suivirent la section. Nous avons aussi, M. Bouley et moi, observé les mêmes résultats dans de nombreuses expériences sur les solipèdes. Dès les premiers jours, si la dyspnée est peu marquée ou si elle est prévenue par la trachéotomie, le nombre des respirations est bientôt réduit à 6, et même à 5 par minute.

En même temps que la respiration devient de plus en plus rare jusqu'à des limites au delà desquelles elle cesse de se ralentir, les battements du cœur s'accélèrent dans une proportion croissante assez considérable, ainsi que Valsalva, de Blainville et Dupuy en ont fait la remarque très intéressante. Mayer a compté sur un âne, dont les pulsations normales étaient au nombre de 34 avant l'opération, de 70 à 120 pulsations depuis le moment de la section jusqu'aux approches de la mort. Nous avons vu aussi, dans nos expériences, les battements du cœur s'élever chez le cheval de 90 à 100, alors que la respiration n'était plus que de 7, 6 et même 5 par minute. M. Longet a constaté que dans les mêmes conditions, le pouls du chien, au lieu de rester de 60 à 70 comme à l'état normal, arrivait au chiffre moyen de 150. L'accélération des battements du cœur ne s'accompagne point, si ce n'est dans les premiers moments, d'un accroissement de leur énergie : au contraire, ces battements deviennent, du moins chez les solipèdes, de plus en plus faibles, ce qui explique la diminution croissante de la plénitude et de la tension des artères, déjà signalée par Legallois ; de plus, les contractions cardiaques finissent par perdre leur régularité, comme Lower et d'autres auteurs en ont fait la remarque.

Le ralentissement de la respiration, l'accélération et l'affaiblissement des contractions du cœur coïncident avec le développement de deux lésions graves, savoir : l'engouement du poumon et l'accumulation du mucus dans les bronches, lésions dont l'effet est de rendre de plus en plus difficiles les actes de l'hématose. L'engouement du tissu pulmonaire, reconnu déjà par Chirac, par Duverney et surtout par Legallois, semble résulter à la fois, d'une part, du trouble et de l'affaiblissement qu'éprouve l'action du cœur ; d'autre part, de la perte d'une partie de la vitalité du tissu pulmonaire, consécutivement à l'interruption de l'influence nerveuse des pneumo-gastriques. Mais, dans tous les cas, il se traduit par une sorte de congestion pulmonaire permanente, par une infiltration séreuse et plastique du tissu interlobulaire, de la muqueuse bronchique, et plus tard par une induration commençante, surtout dans la partie déclive de l'organe : il devient ainsi un obstacle considérable à l'accomplissement des phénomènes de la sanguification. Toutefois il importe de noter que cet engouement très peu sensible dans les premiers temps qui suivent la section, n'arrive à un degré bien prononcé qu'au bout de quelques jours. Nous avons vu plusieurs fois le poumon du cheval, douze à vingt heures après la section, présenter seulement les caractères qu'il offre habituellement sur tous les animaux sacrifiés sans effusion de sang.

L'exhalation abondante des mucosités dans les bronches et leur accumulation dans ces conduits est un résultat que de Blainville et Legallois ont signalé comme constant sur divers animaux, qui finissent même par rejeter un peu de mucus

jaunâtre par la bouche, les narines, et par la trachée si elle se trouve ouverte. Cette accumulation de mucus écumeux tient à ce que ce produit de sécrétion n'impressionne plus la muqueuse bronchique dont la sensibilité est éteinte, et ne peut plus être éliminé après la paralysie des fibres charnues des bronches. Elle apporte nécessairement une gêne considérable à la pénétration de l'air dans les petites divisions bronchiques qui aboutissent aux vésicules pulmonaires, et par conséquent elle devient l'un des principaux obstacles à l'hématose régulière. Je dois dire cependant que, d'après les expériences de M. Bouley et les miennes, il y a encore très peu de mucosités écumeuses dans les voies aériennes du cheval dix, quinze, vingt heures même après la section. Ces mucosités ne deviennent abondantes que dans les derniers moments, ou bien chez les animaux qui, ayant pu manger ou boire, ont reçu quelque peu d'eau ou des parcelles d'aliments dans les voies aériennes, comme cela arrive constamment par suite de la non-occlusion de la glotte au moment de la déglutition. Les mucosités sont en très fortes proportions si l'on a laissé des aliments et de l'eau à la disposition des animaux, car les substances solides et les liquides tombent en grande quantité dans la trachée, non-seulement à cause de la dilatation de la glotte à l'instant de la déglutition, mais encore par suite de l'obstruction de l'œsophage. Dans ce cas, les aliments, par leur présence et leur séjour, excitent une abondante exhalation de mucus; ils deviennent un nouvel obstacle à la libre circulation de l'air, augmentent conséquemment la dyspnée, et enfin donnent lieu à une irritation qui se termine fréquemment par la gangrène de la muqueuse bronchique. De là des complications graves qui entachent d'erreur les données expérimentales et les inductions que l'on en tire: aussi importe-t-il beaucoup d'éviter de pareils dangers auxquels Dupuy et tant d'autres n'ont pas soustrait les chevaux, les lapins, les cochons d'Inde.

Le rétrécissement de la glotte, l'engouement du poumon, l'embarras de la circulation pulmonaire, l'obstruction partielle des bronches envahies par les mucosités, la rareté des mouvements respiratoires après l'interruption de l'influence des nerfs vagues, expliquent les phénomènes qui en sont la conséquence, c'est-à-dire l'imperfection de l'hématose et l'abaissement de la température du corps.

L'artérialisation du sang ne peut plus se faire d'une manière complète, à cause des obstacles nombreux qui s'opposent au libre accès de l'air dans les voies respiratoires et au conflit de ce fluide avec le sang : aussi, comme le dit Legallois, la couleur du sang artériel perd-elle peu à peu son éclat pour prendre une teinte de plus en plus sombre; néanmoins, cette artérialisation continue jusqu'à la mort en devenant de plus en plus imparfaite. De Blainville, M. Sédillot ont constaté, ce qui est parfaitement exact, que le sang des artères conserve une teinte sensiblement vermeille un, deux, trois jours après la section des nerfs vagues. Dupuytren s'était trompé en affirmant que l'hématose cessait une fois que l'influence des pneumogastriques se trouvait interrompue. Cette opération n'a cependant pas lieu dans les derniers moments, alors que la gêne de la respiration est à son comble, et chez les animaux dont la glotte, paralysée, est réduite au point de ne plus laisser passer qu'une très petite quantité d'air, mais alors l'asphyxie est bientôt complète.

Le ralentissement et l'imperfection de l'hématose, si peu prononcés qu'ils soient, coïncident nécessairement avec une moindre consommation d'oxygène, et une

moindre exhalation d'acide carbonique. Provençal, en expérimentant sur des lapins et des cochons d'Inde, a constaté déjà depuis longtemps qu'après la section des pneumo-gastriques, l'absorption de l'oxygène et l'exhalation du gaz acide carbonique étaient notablement diminuées, et que même elles cessaient aux derniers moments de la vie. M. H. Bouley (1), dans des expériences faites sur les solipèdes, a confirmé ces résultats intéressants. Il a trouvé qu'un cheval dont la respiration brûlait, avant la section des nerfs, 121 grammes de carbone en une heure, ou 2904 grammes en vingt-quatre heures, en consommait après seulement 76 par heure, ou 1827 pendant une période de vingt-quatre heures. La diminution quantitative de l'oxygène consommé, tient à plusieurs causes, au nombre desquelles il faut compter la difficulté que ce gaz éprouve à parvenir au sang à travers les parois des vésicules pulmonaires, dont la cavité est souvent remplie de mucosités. D'ailleurs les liquides introduits dans les voies aériennes sont de même absorbés plus lentement et plus difficilement qu'à l'état normal. Nous avons vu en effet, M. Bouley et moi, qu'une dose de noix vomique, injectée dans la trachée, et susceptible de déterminer normalement le tétanos en cinq ou six minutes, ne produisait le même résultat qu'au bout de quinze à vingt minutes, l'injection étant faite douze à vingt-quatre heures après la section des nerfs vagues. M. Longet a aussi observé ce ralentissement de l'absorption, ralentissement qui dépend de la présence des mucosités dans les bronches, de l'engouement du poumon, et de l'embarras qu'éprouve la circulation de cet organe. Dupuy s'était trompé en niant la persistance du travail de l'absorption pulmonaire dans de telles conditions : ce travail persiste alors, et même il n'est nullement ralenti dans les premiers moments qui suivent la résection.

Les modifications qui surviennent dans l'état du sang, consécutivement aux troubles respiratoires produits par la section, restent à déterminer. On a dit, il est vrai, que ce fluide se coagulait alors pendant la vie dans les cavités du cœur, les gros vaisseaux pulmonaires, qu'il contenait plus de fibrine, que la proportion de plusieurs de ces éléments était changée. On est allé jusqu'à dire qu'il devenait délétère, qu'il prenait une teinte vermeille dans les veines, et d'autres absurdités qu'il est inutile de relever.

Quant à la température du corps, elle baisse sensiblement et d'une manière graduelle, faute d'une combustion respiratoire assez active. L'abaissement de la chaleur animale a même fait penser à certains auteurs que les animaux dont les nerfs vagues étaient coupés mouraient de froid ; mais c'est là une hypothèse que l'on ne saurait justifier, attendu que le refroidissement, quoique manifeste, n'est pas très considérable.

Les différents effets qui résultent de l'interruption de l'influence des nerfs vagues ne sont pas longtemps compatibles avec l'entretien de la vie. Legallois a vu que les lapins âgés de un à quarante jours ne survivaient à cette opération que de six à dix-huit heures. Bichat a observé que les chiens n'y survivaient que quatre ou cinq jours. Ces animaux périssent pour la plupart du second au quatrième jour, d'après M. Longet Enfin, les chevaux trachéotomisés ne dépassent guère cinq ou six jours, et encore faut-il qu'ils soient assez vigoureux. Néanmoins, Dupuy en a vu aller

(1) *Recherches inédites*, 1850.

jusqu'au neuvième jour : le fait est exceptionnel. Il faut regarder comme des illusions ces exemples d'animaux qui auraient vécu des mois et des années après la section des deux nerfs. Toutefois, la section d'un seul d'entre eux, l'autre restant intact, n'est pas toujours mortelle. Fontana, Bichat, M. Magendie, M. Sédillot en ont observé des exemples auxquels j'ajouterai celui que m'a offert un magnifique bélier.

Maintenant que nous avons pu déterminer, un à un, les effets que la suspension de l'influence des nerfs vagues produit sur les phénomènes respiratoires, il nous est facile de mettre en évidence le rôle normal de ces nerfs dans les différents actes de la respiration.

D'abord puisque la suppression de l'influx des nerfs vagues paralyse le larynx et met la glotte dans l'impossibilité d'arriver à son degré habituel de dilatation, ce sont ces nerfs qui président à la contractilité des muscles laryngiens, au jeu de la glotte, et qui, par conséquent, assurent un libre accès à l'air dans les voies respiratoires, première condition indispensable à une sanguification complète.

Deuxièmement, puisque les mucosités exhalées dans les bronches, et les substances étrangères qui s'y introduisent accidentellement n'y déterminent plus aucune impression et cessent d'être éliminées, après la section des pneumo-gastriques, ce sont ces nerfs qui président à la sensibilité de la muqueuse trachéo-bronchique, et à la contraction du plan charnu sous-jacent à cette membrane.

Troisièmement, comme le poumon s'engoue et devient de moins en moins perméable à l'air, comme la circulation pulmonaire s'embarrasse de plus en plus, une fois l'intervention des pneumo-gastriques éteinte, ce sont bien ces nerfs qui, par leur influence sur le cœur, sur la circulation générale, et en particulier sur la vitalité du tissu pulmonaire, donnent au cours du sang son rhythme normal et aux propriétés des tissus du poumon les caractères sans lesquels elles ne peuvent assurer l'intégrité parfaite du conflit de l'air avec le fluide nutritif.

Enfin, dès l'instant qu'après la section, les mouvements respiratoires deviennent de plus en plus rares, quoique les battements du cœur se multiplient progressivement, on ne saurait refuser aux pneumo-gastriques une part importante au maintien de l'harmonie admirable et des connexions intimes établies entre la respiration et la circulation.

Ce rôle ainsi précisé, nous pouvons aisément apprécier l'intervention des nerfs vagues sur les phénomènes chimiques de la respiration, et reconnaître, d'une manière évidente, que cette intervention est indirecte ou préliminaire, si je puis me servir de cette expression.

En effet, les nerfs vagues assurent un libre accès à l'air en entretenant et en réglant la dilatabilité de la glotte; ils maintiennent libres la cavité des divisions bronchiques dans lesquelles l'air doit passer pour arriver aux vésicules pulmonaires et s'y renouveler continuellement; ils président à la conservation des propriétés qui rendent le tissu pulmonaire perméable à l'air et au sang ; ils entretiennent une circulation libre et active qui renouvelle sans cesse le contact du fluide nutritif avec l'oxygène atmosphérique ; mais leur rôle se borne là et se réduit à fixer les conditions statiques et dynamiques de l'hématose. Ces mêmes nerfs n'ont pas d'influence directe sur l'absorption de l'oxygène, ou, en d'autres termes, sur la pénétration de ce gaz à travers les membranes qui le séparent du sang ; cette pénétration

endosmotique se fait d'elle-même tant que l'air arrive au fond des vésicules, et tant que celles-ci conservent des parois perméables; ces nerfs n'augmentent ni ne diminuent l'affinité de l'oxygène pour le sang; ils ne changent en rien le mode suivant lequel l'oxygène, une fois dans les vaisseaux, s'associe aux éléments du fluide nutritif; ils ne peuvent nullement influer sur l'exhalation de l'acide carbonique; enfin ils ne peuvent avoir aucune action sur la nature des combinaisons subséquentes de l'oxygène avec le carbone et l'hydrogène du sang, et des tissus, non plus que sur les mutations successives de ces derniers. Toutes ces opérations dernières sont purement chimiques ou physiques, et s'effectuent inévitablement dès que l'influence nerveuse en a préparé les conditions organiques et vitales.

Ce qui prouve d'ailleurs qu'il en est bien ainsi, c'est que l'artérialisation du sang, c'est-à-dire la substitution de la teinte vermeille à la couleur sombre, l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique, s'opèrent lorsque ce fluide est au contact de l'air, et même lorsqu'il en est séparé par une membrane mince et humide, quoique privée de vie. Ce qui le prouve, pendant la vie, c'est qu'une fois l'influence des pneumo-gastriques éteinte par la section, il suffit d'ouvrir largement la trachée pour qu'il y ait hématose complète avec tous ses détails comme d'habitude, et tant que les lésions du poumon, les troubles généraux de la circulation ne sont point encore parvenus à un degré trop élevé. Enfin, ce qui le prouve, c'est l'expérience par laquelle on entretient l'hématose à l'aide d'une respiration artificielle chez les animaux décapités, ou chez ceux dont on a coupé à la fois la moelle épinière et les pneumo-gastriques. Ainsi, après avoir reséqué ces nerfs et la moelle en arrière de l'occipital, les mouvements respiratoires du tronc et tous les mouvements en général cessent aussitôt, à part ceux des naseaux qui persistent encore pendant quelques minutes. Dès que le sang qui s'échappe d'un petit tube adapté à la carotide est devenu noir, on lui rend et on lui conserve sa teinte vermeille pendant une demi-heure, une heure même, en poussant constamment de l'air par un gros soufflet dans la trachée. Cette respiration artificielle, dans de semblables conditions, entretient souvent la circulation et la vie du cheval souvent plus d'une demi-heure d'après mes expériences; elle les entretiendrait même cinq ou six heures, suivant Legallois, sur de petits animaux décapités.

Si donc, lorsque l'influence des nerfs vagues est éteinte, l'hématose devient de plus en plus imparfaite, si l'animal éprouve dans cette circonstance une asphyxie tantôt rapide et brusque, tantôt extrêmement lente, cela tient d'abord aux obstacles qui s'opposent au conflit intégral de l'air et du sang, savoir au rétrécissement permanent de la glotte, à l'engouement du poumon, à l'accumulation de mucosités dans les bronches; cela tient ensuite, ou plutôt en même temps, aux troubles graves de l'action du cœur, de la circulation générale et à la suspension du travail digestif; car les pneumo-gastriques, comme nous l'avons déjà vu et comme nous le verrons encore, exercent une influence extrêmement importante sur la digestion, la respiration et la circulation.

Les différents nerfs dont nous venons d'examiner isolément le rôle dans les actes de la respiration jouissent chacun d'attributions spéciales: ceux-ci président au jeu des naseaux, des diverses parties de la face; ceux-là aux mouvements du larynx, ou des parois costales, ou du diaphragme. Mais ces nerfs, quoique nombreux

et d'origine différente, forment un ensemble, un système particulier dont les parties sont intimement liées entre elles pour fonctionner avec une harmonie parfaite. Ils tirent le principe de leur action d'une source commune, d'un point du système nerveux dont la destruction supprime d'un seul coup la totalité du mécanisme respiratoire : c'est par le secours de l'expérimentation que ce siége du principe des mouvements sera déterminé.

Dès les temps antiques, Galien avait reconnu par des expériences qui révèlent un esprit supérieur, que la section de la moelle, suivant le niveau auquel elle est faite, peut suspendre l'action de tous les muscles respiratoires à la fois, ou seulement celle d'une partie d'entre eux; détruire par exemple le jeu des parois costales en laissant subsister celui du diaphragme, supprimer ensemble le jeu des parois costales et du diaphragme en conservant celui de quelques muscles du tronc et des muscles de la face. Legallois observa aussi que la section de la moelle, en avant de la région lombaire, suspend l'action des muscles abdominaux en laissant subsister celle de tous les autres ; que la section de cette moelle, faite en avant de la région dorsale, paralyse les muscles des côtes et ceux de l'abdomen. Il vit que la section au milieu de la région cervicale paralyse le diaphragme, les muscles thoraciques et abdominaux, de telle sorte que le jeu des muscles respiratoires de la face seul est maintenu. Enfin, il arriva à trouver que la section de la moelle allongée, si elle est faite au niveau de l'origine des nerfs vagues, suspend à la fois le jeu des narines, du thorax, des muscles abdominaux et du diaphragme, en un mot celui de toutes les puissances respiratrices. Aussi le mécanisme de la respiration dépend, selon lui, « d'un endroit assez circonscrit de la moelle allongée, lequel est situé à une petite distance du trou occipital et vers l'origine des nerfs pneumo-gastriques; car, si l'on ouvre le crâne d'un jeune lapin, et que l'on fasse l'extraction du cerveau, par portions successives, d'avant en arrière, en le coupant par tranches, on peut enlever de cette manière tout le cerveau proprement dit, et ensuite tout le cervelet et une partie de la moelle allongée sans que la respiration cesse; mais elle cesse subitement lorsqu'on arrive à comprendre dans une tranche l'origine des nerfs vagues (1). »

Les résultats entrevus en partie par Galien, ceux que Legallois avait établis encore un peu vaguement, sont précisés avec une admirable clarté par les expériences modernes du savant physiologiste que j'aime à citer si souvent. « La moelle allongée est, d'après M. Flourens, dans toutes les classes, l'organe premier moteur ou le principe excitateur et régulateur des mouvements respiratoires ; elle est encore, dans toutes les classes, l'organe immédiatement producteur, par ses nerfs, des mouvements respiratoires particuliers de la face ou de la tête; elle est enfin tout à la fois, dans les poissons, l'organe premier moteur et l'organe immédiatement producteur de tous les mouvements de respiration. » La moelle épinière, au contraire, est un simple conducteur qui transmet aux nerfs respiratoires qui n'émanent pas directement de la moelle allongée l'excitation dérivée de cette dernière : aussi quand on divise la moelle épinière, sur un point quelconque de son étendue, tous les nerfs qui s'en détachent au-dessus de la section continuent à agir, et tous ceux

(1) *Expériences sur le principe de la vie*, p. 37.

endosmotique se fait d'elle-même tant que l'air arrive au fond des vésicules, et tant que celles-ci conservent des parois perméables; ces nerfs n'augmentent ni ne diminuent l'affinité de l'oxygène pour le sang; ils ne changent en rien le mode suivant lequel l'oxygène, une fois dans les vaisseaux, s'associe aux éléments du fluide nutritif; ils ne peuvent nullement influer sur l'exhalation de l'acide carbonique; enfin ils ne peuvent avoir aucune action sur la nature des combinaisons subséquentes de l'oxygène avec le carbone et l'hydrogène du sang, et des tissus, non plus que sur les mutations successives de ces derniers. Toutes ces opérations dernières sont purement chimiques ou physiques, et s'effectuent inévitablement dès que l'influence nerveuse en a préparé les conditions organiques et vitales.

Ce qui prouve d'ailleurs qu'il en est bien ainsi, c'est que l'artérialisation du sang, c'est-à-dire la substitution de la teinte vermeille à la couleur sombre, l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique, s'opèrent lorsque ce fluide est au contact de l'air, et même lorsqu'il en est séparé par une membrane mince et humide, quoique privée de vie. Ce qui le prouve, pendant la vie, c'est qu'une fois l'influence des pneumo-gastriques éteinte par la section, il suffit d'ouvrir largement la trachée pour qu'il y ait hématose complète avec tous ses détails comme d'habitude, et tant que les lésions du poumon, les troubles généraux de la circulation ne sont point encore parvenus à un degré trop élevé. Enfin, ce qui le prouve, c'est l'expérience par laquelle on entretient l'hématose à l'aide d'une respiration artificielle chez les animaux décapités, ou chez ceux dont on a coupé à la fois la moelle épinière et les pneumo-gastriques. Ainsi, après avoir reséqué ces nerfs et la moelle en arrière de l'occipital, les mouvements respiratoires du tronc et tous les mouvements en général cessent aussitôt, à part ceux des naseaux qui persistent encore pendant quelques minutes. Dès que le sang qui s'échappe d'un petit tube adapté à la carotide est devenu noir, on lui rend et on lui conserve sa teinte vermeille pendant une demi-heure, une heure même, en poussant constamment de l'air par un gros soufflet dans la trachée. Cette respiration artificielle, dans de semblables conditions, entretient souvent la circulation et la vie du cheval souvent plus d'une demi-heure d'après mes expériences; elle les entretiendrait même cinq ou six heures, suivant Legallois, sur de petits animaux décapités.

Si donc, lorsque l'influence des nerfs vagues est éteinte, l'hématose devient de plus en plus imparfaite, si l'animal éprouve dans cette circonstance une asphyxie tantôt rapide et brusque, tantôt extrêmement lente, cela tient d'abord aux obstacles qui s'opposent au conflit intégral de l'air et du sang, savoir au rétrécissement permanent de la glotte, à l'engouement du poumon, à l'accumulation de mucosités dans les bronches; cela tient ensuite, ou plutôt en même temps, aux troubles graves de l'action du cœur, de la circulation générale et à la suspension du travail digestif; car les pneumo-gastriques, comme nous l'avons déjà vu et comme nous le verrons encore, exercent une influence extrêmement importante sur la digestion, la respiration et la circulation.

Les différents nerfs dont nous venons d'examiner isolément le rôle dans les actes de la respiration jouissent chacun d'attributions spéciales: ceux-ci président au jeu des naseaux, des diverses parties de la face; ceux-là aux mouvements du larynx, ou des parois costales, ou du diaphragme. Mais ces nerfs, quoique nombreux

et d'origine différente, forment un ensemble, un système particulier dont les parties sont intimement liées entre elles pour fonctionner avec une harmonie parfaite. Ils tirent le principe de leur action d'une source commune, d'un point du système nerveux dont la destruction supprime d'un seul coup la totalité du mécanisme respiratoire : c'est par le secours de l'expérimentation que ce siége du principe des mouvements sera déterminé.

Dès les temps antiques, Galien avait reconnu par des expériences qui révèlent un esprit supérieur, que la section de la moelle, suivant le niveau auquel elle est faite, peut suspendre l'action de tous les muscles respiratoires à la fois, ou seulement celle d'une partie d'entre eux; détruire par exemple le jeu des parois costales en laissant subsister celui du diaphragme, supprimer ensemble le jeu des parois costales et du diaphragme en conservant celui de quelques muscles du tronc et des muscles de la face. Legallois observa aussi que la section de la moelle, en avant de la région lombaire, suspend l'action des muscles abdominaux en laissant subsister celle de tous les autres ; que la section de cette moelle, faite en avant de la région dorsale, paralyse les muscles des côtes et ceux de l'abdomen. Il vit que la section au milieu de la région cervicale paralyse le diaphragme, les muscles thoraciques et abdominaux, de telle sorte que le jeu des muscles respiratoires de la face seul est maintenu. Enfin, il arriva à trouver que la section de la moelle allongée, si elle est faite au niveau de l'origine des nerfs vagues, suspend à la fois le jeu des narines, du thorax, des muscles abdominaux et du diaphragme, en un mot celui de toutes les puissances respiratrices. Aussi le mécanisme de la respiration dépend, selon lui, « d'un endroit assez circonscrit de la moelle allongée, lequel est situé à une petite distance du trou occipital et vers l'origine des nerfs pneumo-gastriques; car, si l'on ouvre le crâne d'un jeune lapin, et que l'on fasse l'extraction du cerveau, par portions successives, d'avant en arrière, en le coupant par tranches, on peut enlever de cette manière tout le cerveau proprement dit, et ensuite tout le cervelet et une partie de la moelle allongée sans que la respiration cesse; mais elle cesse subitement lorsqu'on arrive à comprendre dans une tranche l'origine des nerfs vagues (1). »

Les résultats entrevus en partie par Galien, ceux que Legallois avait établis encore un peu vaguement, sont précisés avec une admirable clarté par les expériences modernes du savant physiologiste que j'aime à citer si souvent. « La moelle allongée est, d'après M. Flourens, dans toutes les classes, l'organe premier moteur ou le principe excitateur et régulateur des mouvements respiratoires; elle est encore, dans toutes les classes, l'organe immédiatement producteur, par ses nerfs, des mouvements respiratoires particuliers de la face ou de la tête; elle est enfin tout à la fois, dans les poissons, l'organe premier moteur et l'organe immédiatement producteur de tous les mouvements de respiration. » La moelle épinière, au contraire, est un simple conducteur qui transmet aux nerfs respiratoires qui n'émanent pas directement de la moelle allongée l'excitation dérivée de cette dernière : aussi quand on divise la moelle épinière, sur un point quelconque de son étendue, tous les nerfs qui s'en détachent au-dessus de la section continuent à agir, et tous ceux

(1) *Expériences sur le principe de la vie*, p. 37.

qui s'en détachent au-dessous cessent leur action. Voilà pourquoi la section faite au niveau de la première vertèbre dorsale laisse subsister le jeu du diaphragme, des muscles du cou et de l'épaule animés par des nerfs qui naissent de la région cervicale, tandis qu'elle abolit le jeu des muscles costaux animés par les nerfs nés en arrière de la section, sur le segment du cordon rachidien qui communique par continuité avec la moelle allongée. De même si la section est pratiquée successivement sur des points de plus en plus postérieurs à la région dorsale, le jeu des muscles dont les nerfs viennent des points antérieurs à la section continue, et celui des muscles intercostaux ou autres qui reçoivent leurs nerfs du segment en arrière de la solution de continuité, est frappé de paralysie.

Mais ce n'est pas de toute l'étendue du bulbe rachidien que dérive le principe excitateur et régulateur du mécanisme respiratoire. Les expériences de M. Flourens nous apprennent que c'est d'un point ou plutôt d'un segment de cette partie, commençant avec l'origine de la paire vague et finissant à quelques lignes en arrière plus ou moins, suivant les animaux, que part la puissance animatrice des mouvements de la respiration : c'est d'un segment si court, « d'un point unique, qui a quelques lignes à peine, que la respiration, l'exercice de l'action nerveuse, l'unité de cette action, la vie entière de l'animal, dépendent. » La destruction successive, tranche par tranche, de la totalité du cerveau, du cervelet, des tubercules quadrijumeaux et de la partie antérieure de la moelle allongée, jusque immédiatement en avant de l'origine des nerfs pneumo-gastriques, laisse subsister tous les mouvements respiratoires de la face, du larynx, du thorax et de l'abdomen; la section de la moelle allongée, à quelques lignes au delà de la naissance des vagues, n'arrête que ceux qui dépendent des nerfs dérivés de la moelle, en arrière de la solution de continuité; il laisse persister ceux des narines, de la bouche et du larynx; mais la section du segment compris entre les limites précédemment indiquées les anéantit tous à la fois et sur-le-champ.

Ces résultats si remarquables, qui montrent si clairement le localisation du principe excitateur et régulateur des mouvements respiratoires, sont reproduits par M. Flourens, avec une constante uniformité, sur un grand nombre d'animaux, de groupes, d'espèces et d'âges différents. Je les ai étudiés, d'après la même méthode, sur le cheval, le chat et le chien.

Sur un jeune cheval de deux semaines, après avoir enlevé les parties antérieures du frontal et du pariétal, j'ai excisé par couches successives les hémisphères cérébraux et le cervelet, puis les tubercules bigéminés, de manière à ne laisser intacte que la moelle allongée, en prenant toutes les précautions possibles pour ne pas ni la léser, ni l'ébranler. Le petit solipède, à la suite de cette mutilation, qui entraîne, quoi qu'on fasse, une perte de sang assez considérable, continua à vivre encore pendant vingt-deux minutes; il respirait profondément, mais avec un peu d'irrégularité, de huit à quinze fois par minute, c'est-à-dire à peu près comme à l'état normal; d'ailleurs il exécutait des mouvements généraux, des déplacements spontanés des membres assez étendus.

Sur d'autres animaux, j'ai procédé inversement, afin de séparer seulement la moelle allongée de la moelle épinière, soit par une section simple, soit par une accompagnée de celle des nerfs vagues, soit enfin par la décapitation.

Un premier cheval eut la moelle coupée transversalement entre l'occipital et l'atlas. Aussitôt tous les mouvements généraux cessèrent, et les mouvements respiratoires du tronc se suspendirent : ceux de la face continuèrent. Les naseaux se dilatèrent vingt fois pendant la minute qui suivit la section, dix-huit fois dans la seconde, trois fois dans la troisième; il n'y eut plus de mouvements dans ces parties dès le commencement de la quatrième minute. A chaque dilatation des naseaux, la bouche s'ouvrait légèrement, mais ce n'étaient pas de véritables bâillements. Un second cheval, dont la moelle fut divisée de même au niveau du trou occipital, eut douze inspirations faciales à la première minute, douze à la deuxième, cinq à la troisième, quatre à la quatrième, deux à la cinquième.

Dans ces conditions, ce ne sont pas seulement les mouvements de la face, c'est-à-dire ceux des naseaux et de la bouche qui persistent, ceux du larynx continuent aussi avec leur rhythme habituel. Après avoir pratiqué une petite ouverture au bord inférieur du cartilage thyroïde, je coupai la moelle épinière au niveau du trou occipital. Les mouvements respiratoires de la face continuèrent pendant cinq minutes. Le doigt, introduit dans la glotte, permettait de sentir les lèvres de cette ouverture s'écarter toutes les fois que les naseaux se dilataient, et se rapprocher toutes les fois qu'ils s'affaissaient. Le jeu de la glotte, isochrone à celui des naseaux, cessa en même temps que ce dernier. Le jeu des naseaux continue, mais celui de la glotte est aboli après la section de la moelle, qui s'accompagne de la section des deux nerfs vagues. Le premier persiste même à peu près aussi longtemps que si la moelle seule était divisée.

Après la décapitation, la respiration de la face continue moins longtemps que dans les deux circonstances précédentes. Un premier cheval, décapité assez lentement, n'eut, une fois la tête complétement séparée du tronc, que huit mouvements inspiratoires des naseaux. Un second animal de la même espèce, décapité en trois secondes, respira par les naseaux onze fois dans la minute qui suivit l'opération, et une fois seulement une minute plus tard. La respiration faciale des moutons décapités n'a pas persisté plus de deux minutes, et s'est opérée avec lenteur : il y a eu des mouvements de l'hyoïde et du larynx en harmonie parfaite avec ceux des ailes du nez : elle ne survit qu'une minute à une minute et demie chez les chiens adultes, dont la bouche effectue en général de quatre à huit bâillements dans ce court intervalle; elle survit moins encore chez les petits rongeurs, comme les rats et les souris qui font dix à douze bâillements en trente à quarante secondes, après lesquelles le jeu de la face s'arrête complétement.

La respiration faciale des animaux très jeunes persiste après la décapitation beaucoup plus longtemps que chez les animaux adultes, et sa durée décroît fort rapidement, comme l'a démontré Legallois, à mesure qu'on s'éloigne du moment de la naissance. Voici quelques exemples extraits de mon journal d'expériences qui le prouvent. Un chien, âgé de trois jours et décapité, fit treize bâillements dans la première minute qui suivit la décapitation, deux à la deuxième, deux à la troisième, un à la quatrième, un à la cinquième, un à la sixième, un à la septième, deux à la huitième, un à la neuvième, deux à la dixième et un à la onzième; en tout, 27. Un autre chien de trois jours et de la même portée fit, à la suite de la décapitation, trente et un bâillements pendant la première minute, un à la deuxième, deux

5° le nerf respiratoire externe, ou le principal des thoraco-musculaires. Le glosso-pharyngien est aussi annexé à cette série. Ces cordons nerveux se distingueraient des autres en ce qu'ils auraient une racine simple, émanée du faisceau latéral du bulbe rachidien ou de la moelle épinière, et en ce qu'ils seraient dépourvus de ganglions à leur origine.

Suivant Bell, les muscles de la respiration agiraient, d'une part, involontairement ou d'une manière automatique sous l'influence des nerfs respirateurs précités, et ils agiraient, d'autre part, volontairement sous l'influence des nerfs de la sensibilité et de la motricité générales, soit pour modifier le rhythme de la respiration, soit pour concourir à des actions étrangères à la respiration. Par suite de cette double source d'innervation, la plupart des muscles respirateurs pourraient être privés de la faculté d'agir pour le mécanisme de la respiration, tout en conservant l'aptitude à remplir leur rôle relatif à d'autres fonctions.

Le système ingénieux de Bell a été depuis longtemps sapé dans ses bases. Il ne saurait être admis, ni au point de vue de l'anatomie, ni à celui de la physiologie. Rien ne démontre qu'il y ait, sur chaque côté de la moelle allongée et de la moelle épinière, un faisceau spécialement affecté à donner naissance aux nerfs respiratoires. Ceux-ci n'ont pas réellement un mode d'origine différent de tous les autres. Chaque nerf respiratoire en particulier ne jouit pas d'une spécialité d'action absolue. Le facial, qui règle le jeu des narines, des lèvres, des joues dans le mécanisme respiratoire, anime aussi la contraction de ces mêmes parties pour la préhension des aliments, la mastication, la phonation, l'expression; il n'est point remplacé dans ces derniers actes par les divisions de la cinquième paire. Le nerf vague n'est pas seulement respiratoire par ses divisions laryngiennes, trachéales, pulmonaires, il est encore moteur pour le cœur et l'estomac. Le spinal préside à la contraction des sterno-maxillaires, du mastoïdo-huméral, du trapèze cervical, aussi bien quand ces muscles concourent aux mouvements généraux de la tête, des membres antérieurs, que lorsqu'ils agissent pour la respiration. Le respirateur externe du tronc, ramifié dans le grand dentelé, est confondu avec les autres divisions du plexus brachial et offre le même mode d'émergence que ces dernières; il n'a d'ailleurs pas d'attributions distinctes de celles des thoraco-musculaires émanés du plexus. Le phrénique a des racines motrices et des racines sensitives, comme ceux des paires desquelles il se détache. Enfin on ne saurait démontrer, à l'aide de l'analyse expérimentale, que les muscles de la respiration agissent involontairement, sous l'influence des nerfs précités, tandis qu'ils agiraient volontairement, soit pour la respiration, soit pour la locomotion générale, sous l'influence d'autres nerfs. Elle ne démontre pas davantage que ces muscles puissent être privés de la faculté de concourir à la respiration pendant qu'ils pourraient servir encore aux mouvements généraux, et réciproquement.

Ce qui établit l'unité d'action des puissances respiratoires, l'harmonie, la corrélation intime qui existe entre elles, ce n'est point cette prétendue spécialité d'origine dont nous venons de parler, mais c'est l'influence motrice et régulatrice de la moelle allongée.

Le mécanisme respiratoire régi par le bulbe rachidien s'exécute sans le concours de la volonté, et cependant la volonté a sur lui une influence incontestable;

e le tissu du nerf n'ait pas été trop fortement lésé, car la pression exercée sur
, à l'aide des pinces, suffit pour lui enlever, comme à tous les autres cordons
rveux, la propriété de transmettre au muscle l'effet de l'excitation appliquée en
point antérieur au point lésé. L'application d'un courant électrique continu à
n des deux phréniques rend permanente la contraction du diaphragme, et finit
r déterminer l'asphyxie. Comme l'irritabilité du nerf se conserve souvent pen-
nt plus d'une demi-heure après la mort, il est facile de reproduire ces phéno-
nes dans tous leurs détails.

La ligature ou la section de l'une des branches d'origine du nerf phrénique éta-
s à la surface du scalène ne produit pas d'effet sensible. Celle de l'un des nerfs
alyse nécessairement la moitié correspondante du diaphragme; la section des
x à la fois frappe d'inertie la totalité du muscle. Toutefois, même dans ce
rnier cas, la respiration n'en est pas considérablement troublée, si ce n'est dès le
ncipe, par suite des douleurs et des mouvements violents que provoque l'opé-
tion. Lower a noté, il est vrai, qu'elle devient chez les chiens, analogue à celle
cheval poussif, ce que je n'ai point observé, pour ma part : elle ne m'a semblé
r les solipèdes ni plus pénible, ni beaucoup plus profonde après la section des
eux nerfs qu'elle ne l'est habituellement. Les chevaux respirent alors douze à
quinze fois par minute, au lieu de dix comme à l'ordinaire; encore l'accélération
légère peut-elle être attribuée à la souffrance produite par l'opération. Les côtes ne
paraissent pas éprouver un déplacement outré; seulement le flanc se creuse sensi-
blement à chaque inspiration. J'ai remarqué que le cheval, dont les nerfs phréni-
ques sont coupés, dilate encore très bien la poitrine, la trachée étant hermétique-
ment fermée, phénomène regardé comme impossible par divers auteurs dans de
telles conditions, et qui s'accomplit ici, grâce à la projection des viscères abdomi-
naux du côté du thorax, à l'instant de l'élévation des parois costales; de telle sorte
qu'à proprement parler la capacité de la poitrine reste invariable, et que son
grandissement transversal est compensé par son rétrécissement, suivant le dia-
mètre antéro-postérieur.

La contraction des muscles abdominaux, qui prend une si grande part à l'expi-
ation et à plusieurs actes liés intimement aux mouvements respiratoires, dépend
la fois des nerfs intercostaux et des nerfs lombaires. Les premiers donnent sur-
out des ramifications au grand oblique et au transverse, les seconds au petit
blique et au grand droit. Le petit oblique seul paraît ne recevoir de nerfs que des
ires lombaires, tandis que les trois autres en reçoivent, en proportion inégale, de
elles-ci et des paires dorsales.

L'influence du facial, de l'accessoire de Willis, des nerfs vagues, des phréniques,
s thoraco-musculaires, des paires dorsales et lombaires sur les actes mécaniques
la respiration est donc extrêmement simple et susceptible d'une analyse exacte.
elle des pneumo-gastriques sur les fonctions du poumon, et particulièrement sur
s phénomènes chimiques de la respiration, ne peut être aussi facilement appré-
ée que la première. Essayons de la déterminer, avant de rechercher le principe
uquel dérive l'activité de tous les nerfs du système respiratoire.

La plupart des physiologistes qui autrefois avaient observé les effets de la sec-
on des nerfs vagues, rapportaient à un trouble des fonctions pulmonaires les phé-

nomènes d'asphyxie qui suivent de près ou de loin cette section. Legallois, le premier, reconnut que l'effet immédiat de la cessation de l'influence des pneumo-gastriques consiste dans la paralysie des muscles dilatateurs de la glotte, et par conséquent, en un obstacle mécanique au libre passage de l'air à travers les voies aériennes, et il fit voir que ce résultat est tout à fait identique avec celui qui dérive d'une simple section des nerfs récurrents, car dans l'un et l'autre cas une ouverture pratiquée à la trachée fait disparaître la dyspnée et prévient la suffocation. De plus, Legallois vit bien que la section des nerfs vagues avait d'autres résultats que la paralysie de la glotte, puisque l'ouverture faite à la trachée, si large qu'elle soit, n'empêche point la mort de survenir au bout de plusieurs jours; il observa que l'engouement progressif du poumon, l'accumulation de mucosités dans les tuyaux bronchiques déterminent une asphyxie lente qui, en se compliquant des troubles de la circulation et de la digestion, ne tarde pas à entraîner la mort.

Ce n'est donc pas seulement en mettant obstacle à la dilatation de la glotte et au libre passage de l'air que la section des nerfs vagues entraîne la mort, c'est encore, et surtout, par les lésions matérielles qu'elle produit au sein du poumon, par les modifications qu'elle apporte au rhythme des mouvements respiratoires, enfin par les troubles qu'elle jette dans l'action du cœur. Il ne peut s'élever le moindre doute sur la multiplicité des résultats de la section des pneumo-gastriques, et sur la part de chacun d'eux à la mort qui suit toujours, sans exception et dans un délai plus ou moins prolongé, la cessation de l'influence exercée par ces nerfs. Toute la difficulté consiste à montrer l'évolution successive de ces résultats, leur filiation, leur importance respective, et enfin à prouver le mode suivant lequel ils contribuent à une mort inévitable. Cette difficulté est immense en présence de la confusion que les physiologistes ont jetée sur la question; mais l'observation attentive des phénomènes qui se manifestent quand l'intervention des pneumo-gastriques est complétement éteinte va nous éclairer plus sûrement que les dissertations des auteurs qui depuis Galien ont répété l'expérience si simple de la section des nerfs vagues.

Cette section, faite sur le chien, le lapin, le cheval, avec toutes les précautions nécessaires pour éviter la compression et le tiraillement des nerfs, n'apporte pas immédiatement de troubles profonds dans la respiration. L'animal éprouve une douleur légère à l'instant de la division des nerfs; aussitôt après, les battements du cœur se précipitent, et plus tard les mouvements respiratoires se ralentissent en devenant plus étendus. Au bout de quelques minutes, la dilatation des narines s'exagère quelque peu, l'inspiration s'accompagne d'un très léger bruit, une vague inquiétude semble s'emparer de l'animal: le cheval frappe du pied, se déplace fréquemment, baisse et relève alternativement la tête, en étendant l'encolure, comme s'il éprouvait un resserrement ou une compression à la gorge. Insensiblement l'anxiété de l'animal semble se dissiper, son agitation se calme; il se tient debout et immobile; la respiration devient de plus en plus lente et profonde, tandis que les battements du cœur augmentent de fréquence tout en perdant de leur force. Néanmoins les choses ne se passent pas toujours ainsi. Si les nerfs ont été pincés à plusieurs reprises, s'ils ont été tiraillés avant d'être isolés et coupés, si l'animal est contraint à des efforts pour se dégager des mains de l'opérateur, s'il est soumis à une course de quelques instants, aussitôt la circulation se trouble, la respiration

levient bruyante, profonde, pénible; la dilatation des narines arrive à ses dernières limites; le déplacement des côtes est porté à l'extrême; la bouche s'ouvre chaque inspiration; l'animal secoue la tête, frappe du pied, éprouve une angoisse nexprimable, et semble sous le coup d'une asphyxie imminente; souvent alors il ombe et meurt en une demi-heure ou une heure; mais aussi très souvent il se emet peu à peu, et tombe dans le même état que l'animal dont les nerfs ont été oupés sans être ni comprimés, ni soumis à la moindre traction.

Il importe donc d'effectuer la résection des nerfs sans exercer sur eux une irriation plus ou moins vive; car celle-ci, qu'elle dérive d'une compression ou l'un tiraillement, devient une cause nouvelle de troubles plus violents que ceux ui résultent de l'interruption de l'influx nerveux. Si cette cause s'ajoute à la remière, comme cela arrive souvent chez les animaux à encolure courte dont les erfs sont difficiles à dégager de leurs connexions avec les parties adjacentes, la lyspnée est portée à ses dernières limites; les phénomènes d'asphyxie revêtent un aractère effrayant, et les animaux meurent souvent en moins d'une demi-heure ou d'une heure. Haller, Legallois et d'autres expérimentateurs ont observé cette terminaison funeste sans voir qu'elle tenait à une cause parfaitement distincte de l'interruption de l'influence nerveuse des pneumo-gastriques.

L'irritation portée sur les nerfs vagues est tellement bien une cause spéciale de troubles dans les phénomènes de la circulation et de la respiration que, après la section, il suffit de tirailler le segment inférieur pour faire naître aussitôt une dyspnée intense susceptible de donner lieu à la suffocation. D'ailleurs, sans lier ni couper les nerfs, on peut, en faisant passer par l'un d'eux un courant galvanique continu, troubler si fortement la circulation, et en particulier l'action du cœur, que la mort arrive en un laps de temps très court.

Pour mieux suivre les effets de l'interruption de l'influx nerveux des pneumo-gastriques, et pour isoler ceux qui portent sur le poumon et le cœur de ceux qui tiennent au rétrécissement de la glotte, il convient d'ouvrir largement la trachée, comme Legallois eut l'heureuse idée de le faire dans ses expériences. Par là on prévient la dyspnée et on la fait cesser, si déjà elle s'est manifestée; de plus on prolonge de quelques jours la vie des animaux; mais à cela se borne l'influence de la trachéotomie: la respiration ne continue pas moins à se ralentir en devenant de plus en plus profonde; la circulation s'accélère comme à l'ordinaire, et le développement des lésions matérielles et fonctionnelles du poumon suit sa marche accoutumée; cependant les premières arrivent, grâce à la trachéotomie, à un degré qu'elles atteignent rarement sans son intervention: aussi sont-elles alors plus facilement appréciables, et susceptibles de mieux réfléter les troubles auxquels la cessation de l'influence nerveuse a donné lieu.

Dans tous les cas, la section des nerfs vagues a pour résultats constants: 1° de rendre la respiration de plus en plus profonde et rare; 2° de précipiter les contractions du cœur en affaiblissant leur énergie; 3° de restreindre à des proportions graduellement décroissantes l'activité des phénomènes chimiques de la respiration; 4° d'abaisser peu à peu la chaleur animale; 5° enfin d'amener le poumon à un état tel que les opérations de l'hématose finissent par ne plus pouvoir s'y opérer.

Le ralentissement de la respiration, ou, en d'autres termes, la diminution prog

Dans l'embranchement des articulés, le système vasculaire est formé, soit par un ensemble de canaux, partout continus entre eux et à parois propres, soit par des vaisseaux qui, en certains points, sont interrompus, et se continuent avec des sinus ou des lacunes plus ou moins étendues.

Chez les insectes, il se compose d'un long canal médian, étendu d'une extrémité du corps à l'autre, divisé par des étranglements et des replis valvulaires en une série de petits compartiments, et à l'intérieur duquel le sang éprouve une série d'oscillations provoquées par la contraction des parois de ce canal, qui doit être considéré comme le réservoir central et l'agent d'impulsion du fluide nutritif. Ce canal, que les premiers observateurs croyaient complétement fermé, fournit en plusieurs points de son étendue de très petites divisions qui vont se ramifier dans les viscères. En outre, il offre à son extrémité céphalique, qui est simple ou divisée, et sur ses parties latérales, plusieurs petites ouvertures valvulaires par lesquelles s'échappe et rentre le fluide nutritif. Celui-ci, poussé par les contractions du canal ou du vaisseau dorsal, sort par ses ouvertures et va former, dans l'abdomen et les diverses parties, des courants réguliers dirigés du centre à la périphérie, puis ce même fluide revient par d'autres courants parallèles aux premiers de la circonférence au centre, c'est-à-dire des parties au vaisseau dorsal. Il y a donc, chez ces animaux, une véritable circulation simple, que les observations récentes de Carus et de Wagner ont constatée. Seulement il reste à savoir si les voies que parcourt le fluide sorti du vaisseau dorsal sont de simples trajets sans parois propres, ou de véritables vaisseaux.

Les autres articulés, notamment les annélides et surtout les crustacés, ont un système vasculaire assez complet dans lequel on distingue un cœur, des artères et des veines. Le cœur, qui est une simple dilatation plus ou moins circonscrite, se trouve placé sur le trajet du sang artériel. Il lance celui-ci dans toutes les parties par des vaisseaux aortiques qui, au lieu de se terminer par un système capillaire, s'abouchent dans des lacunes ou des sinus sans parois spéciales. De ces lacunes, le sang est apporté aux branchies par des vaisseaux particuliers, puis, une fois qu'il a subi dans celles-ci l'influence vivifiante de l'oxygène, il revient au cœur. Ce n'est donc encore là qu'une circulation simple, où le sang poussé par le cœur dans toutes les parties du corps revient de lui-même à cet organe d'impulsion, après avoir traversé l'appareil branchial ou pulmonaire. La forme du cœur, sa situation relative, la disposition des artères qui en émanent et des veines qui s'y rendent, n'ont, au point de vue physiologique, qu'une importance accessoire.

L'embranchement des mollusques offre un appareil circulatoire encore plus complexe, et qui se rapproche davantage de la forme particulière à ce système chez les animaux vertébrés. Le cœur, placé sur le trajet du sang artériel, se compose généralement d'un ventricule et d'une oreillette; il donne naissance à une ou deux aortes par lesquelles le sang est distribué aux diverses parties du corps. De celles-ci il est amené aux branchies par des veines qui, avant de pénétrer dans ces organes respiratoires, offrent quelquefois une ou deux dilatations contractiles considérées comme des cœurs pulmonaires. Après avoir traversé les branchies, le sang est ramené par deux veines dans le cœur aortique ou dans son oreillette, lorsque ce cœur en est pourvu. Le cœur aortique projette donc le sang dans toutes les parties

où il doit servir à la nutrition et aux sécrétions ; mais il ne le distribue ni en partie, ni en totalité aux organes respiratoires. Ce fluide, après avoir perdu ses propriétés artérielles, revient au cœur en traversant les branchies ou les poumons. La circulation de ces invertébrés devient ainsi très parfaite, si l'on n'attache pas une importance très grande aux détails d'organisation du cœur, et à la disposition des diverses sections de l'appareil vasculaire.

Fig. 74 (1).

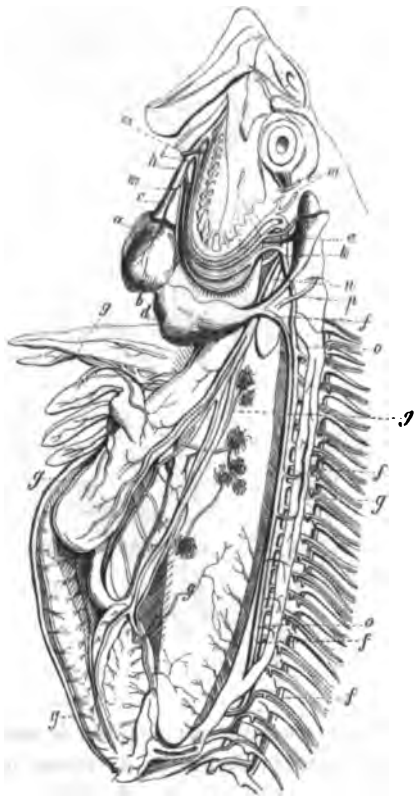
Dans l'embranchement des vertébrés, le système circulatoire se complique encore, mais sa complication est graduelle des poissons aux reptiles, des reptiles aux oiseaux et aux mammifères.

Les poissons ont tous un système vasculaire complet. Ils possèdent un cœur simple à une seule oreillette et à un seul ventricule. Ce cœur, placé sur le trajet du sang veineux, lance ce fluide dans les branchies par un vaisseau qui se divise bientôt en deux branches, dont les ramifications s'étalent dans l'appareil respiratoire. Des dernières ramifications du vaisseau qui a conduit le sang aux branchies naissent des artères de plus en plus grandes, dont la réunion forme une aorte par laquelle le sang, devenu artériel, est distribué à toutes les parties, desquelles il revient par les deux veines caves antérieures, par la veine cave postérieure, la veine porte hépatique et la veine porte rénale dont l'abouchement commun a lieu dans l'oreillette du cœur, par un sinus plus ou moins développé. Chez les poissons, le système vasculaire n'est donc pas plus compliqué que chez les mollusques et les crustacés ; et il ne se distingue de celui de ces invertébrés que parce qu'il se trouve sur le trajet du sang veineux au lieu d'être sur le trajet du sang artériel ; il lance le sang noir aux branchies au lieu de lancer le sang rouge à toutes les parties du corps.

(1) Fig. 74. — *La circulation du poulpe, d'après le Règne animal de Cuvier.* — *a*, cœur ; *b*, aorte ascendante ; *c*, veines qui portent le sang dans les cœurs pulmonaires ; *d*, cœurs pulmonaires ; *e*, vaisseau afférent des branchies ; *f*, veine branchiale ; *g*, bulbe des vaisseaux branchio-cardiaques.

Dans les reptiles, l'appareil circulatoire montre d'une manière progressive tous les degrés intermédiaires au système vasculaire des animaux qui précèdent, et à celui des mammifères et des oiseaux. Le cœur de ces vertébrés n'est plus exclusivement, ni sur le trajet du sang artériel, comme chez les mollusques et certains articulés, ni sur celui du sang veineux, comme chez les poissons, mais il est à la fois sur le trajet des deux sangs; il reçoit en même temps du sang noir et du sang rouge, et il envoie aussi de l'un et de l'autre. De plus, ces deux fluides se mêlent ensemble, soit dans un cœur à une seule oreillette et à un seul ventricule, soit dans un cœur à deux oreillettes ou à deux ventricules à cloisons intermédiaires percées, soit enfin par des vaisseaux artériels anastomosés avec des vaisseaux veineux, de telle sorte que généralement les organes respiratoires et les diverses parties du corps reçoivent un mélange de sang veineux et de sang artériel.

Fig. 75 (1).



Ainsi, dans les batraciens, il y a une oreillette simple divisée en deux loges par une cloison incomplète, et un ventricule unique. L'oreillette reçoit le sang des poumons et celui des autres parties. Le ventricule lance par une aorte qui se divise le mélange du sang artérialisé et du sang noir dans l'organe respiratoire et dans toutes les parties. Chez les serpents et les tortues, il y a une oreillette droite, recevant le sang des veines caves, et une gauche recevant le sang des veines pulmonaires, un ventricule à deux compartiments séparés par une cloison percillée, à travers laquelle les deux fluides peuvent se mêler; l'aorte simple ou double et l'artère pulmonaire émanées de ce ventricule charrient encore un mélange de sang

(1) Fig. 75. — *Système vasculaire des poissons osseux, d'après Cuvier.* — *a*, oreillette; *b*, ventricule du cœur; *c*, origine renflée ou bulbe de l'artère pulmonaire; *h*, artère branchiale donnant une division, *i*, à chaque arc branchial et portant le sang veineux dans l'appareil respiratoire; *k*, veines branchiales formant par leur réunion l'aorte *l*; *n*, branche dorsale de l'aorte; *o*, branche sous-vertébrale de cette artère; *o*, tronc et sinus des veines de la tête; *f*, troncs des veines des organes locomoteurs; *g*, tronc des veines gastriques, intestinales, hépatiques et génito-urinaires; *d*, grand sinus veineux formé par la réunion de toutes ces veines à leur abouchement dans l'oreillette.

noir et de sang rouge. Dans les crocodiles, les deux ventricules sont séparés l'un de l'autre, de même que les deux oreillettes, de telle sorte que dans le cœur il n'y a pas de mélange entre les deux sangs. Mais comme, d'une part, chaque ventricule donne naissance à une aorte, et que le droit fournit de plus une artère pulmonaire; comme, d'autre part, l'aorte émanée du ventricule droit et charriant du sang noir s'anastomose avec l'aorte pleine de sang artériel et dérivée du ventricule gauche, il en résulte que le fluide porté aux parties est mixte; seulement l'anastomose entre ces deux vaisseaux ayant lieu après que l'aorte pleine de sang artériel a fourni les carotides, les axillaires et les iliaques, la tête et les membres reçoivent du sang artériel pur, et les viscères un mélange des deux fluides.

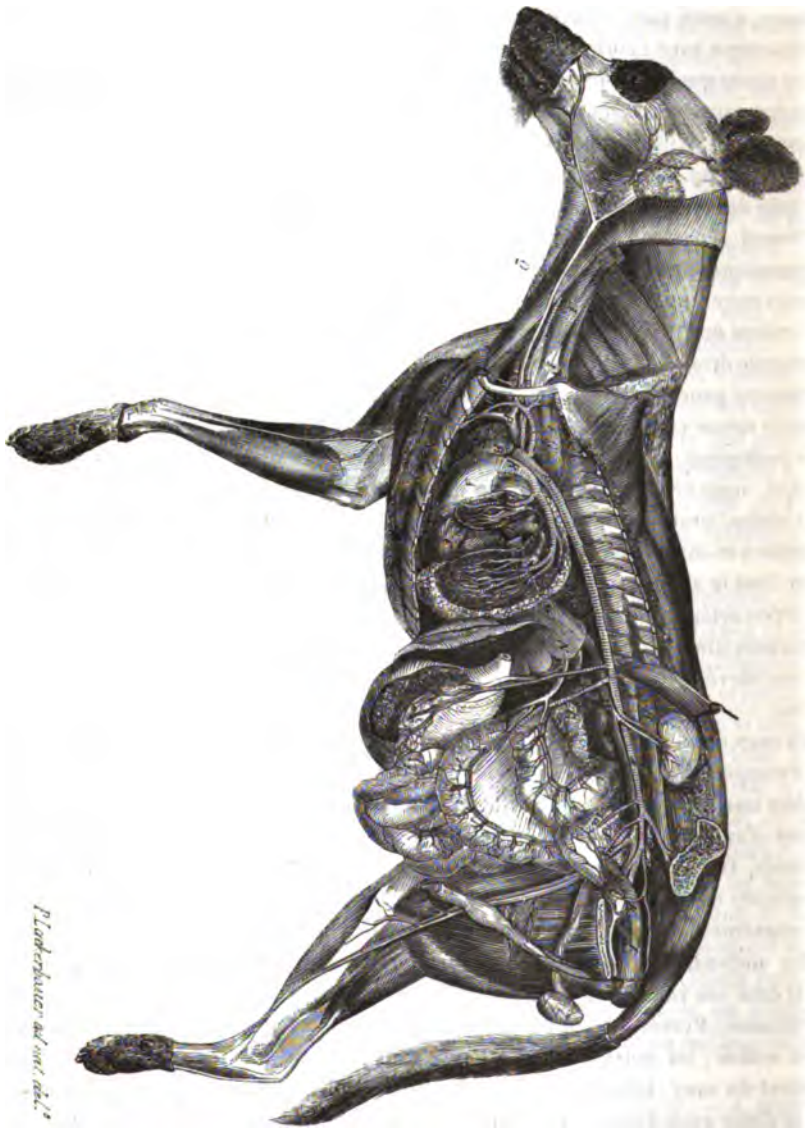
Enfin dans les oiseaux et les mammifères, il y a un cœur à deux oreillettes complétement séparées l'une de l'autre par une cloison, et deux ventricules, qui ne communiquent point ensemble. Ce sont, à proprement parler, deux cœurs complets accolés entre eux, qui contiennent l'un du sang veineux, l'autre du sang artériel. L'oreillette droite reçoit le sang noir de toutes les parties par les veines caves, le ventricule droit lance le sang dans le poumon, où il va subir l'influence de l'air. L'oreillette gauche reçoit le sang vivifié, artérialisé, dans le poumon, et le ventricule du même côté le distribue par l'aorte à toutes les parties de l'organisme. Il y a, par conséquent, un cœur qui est à la fois sur le trajet du sang veineux et du sang artériel, mais ces deux fluides ne se mêlent point : tout le sang artériel est envoyé aux parties, tout le sang veineux est distribué au poumon. Il y a deux circulations complètes et distinctes, une grande pour les parties, et une petite pour le poumon. Tout le sang qui va aux diverses parties de l'économie a traversé le poumon, où il s'est artérialisé, et tout le sang qui vient de ces parties ne peut y retourner sans s'artérialiser de nouveau en passant par l'organe respiratoire. C'est là le degré le plus élevé de la complication du vaste système circulatoire dans le règne animal.

Ce coup d'œil rapide sur les principaux types du système vasculaire nous suffira pour comprendre les grandes variétés du mécanisme de la circulation. Il faut, pour se faire une idée exacte des particularités infinies de ce système dans les diverses classes d'animaux, recourir aux magnifiques travaux de Cuvier, de MM. Milne Edwards, Duvernoy, et à ceux de Audouin, Dugès, Martin Saint-Ange, Dujardin, Blanchard, de Quatrefages, etc. Voyons comment on est arrivé à la connaissance du mouvement circulatoire du sang dans ce vaste appareil.

Les anciens, sans connaître la circulation, savaient que le sang est en mouvement dans ses vaisseaux, et même qu'il est porté du cœur aux diverses parties de l'organisme. Erasistrate connaissait très bien les mouvements du cœur, sa diastole et sa systole, les pulsations des artères; mais il croyait que les veines seules contenaient du sang. Les artères, selon lui, étaient pleines d'air qu'elles attiraient en vertu d'une aspiration active, et cet air leur venait de la trachée et du poumon à travers les cavités gauches du cœur. Galien remarqua que, contrairement à l'opinion de ses devanciers, les artères contiennent du sang aussi bien que les veines. Néanmoins il crut que ces premiers vaisseaux contenaient un sang chargé de principes subtils, d'esprit ou de pneuma, et que c'était pour mieux retenir ceux-ci qu'ils avaient des parois épaisses et très résistantes Galien croyait que le chyle était

porté au foie où il se convertissait en sang, de là dans les cavités droites du cœur, puis en partie dans le poumon et en partie dans les cavités gauches, à travers les

Fig. 76 (1).



(1) Fig. 76. — *Système circulatoire du chien.* — *A*, ventricule droit; *B*, oreillette droite; *C*, ventricule gauche; *D*, oreillette gauche; *E*, aorte postérieure; *F*, tronc brachial gauche; *G'*, tronc brachial droit; *H'*, artère thoracique interne; *I'*, artère cervicale supérieure; *J'*, artère carotide; *G*, grande mésentérique; *H*, rénale; *I*, petite mésentérique; *J*, fémorale; *K*, vésico-prostatique; *L*, bulbeuse; *M*, veine cave postérieure; *N*, veine porte; *P*, veine cave antérieure; *Q*, veine jugulaire; *R*, artère pulmonaire; *S*, veines pulmonaires.

prétendues porosités de la cloison intermédiaire aux deux ventricules. Il savait, et il le répète souvent, que le cœur envoie du sang au poumon et à toutes les parties du corps ; mais il pensait que ce sang leur était distribué à la fois par les artères et les veines. En plusieurs endroits de ses ouvrages, il dit que le cœur attire et chasse tour à tour le sang, suivant qu'il se dilate ou qu'il se resserre; il insiste même beaucoup sur la disposition et le jeu des valvules sigmoïdes placées à l'entrée de l'aorte et de la veine artérielle, valvules auxquelles il assigne pour usage de s'opposer à ce que le sang une fois parvenu dans ces vaisseaux revienne au cœur lors de la dilatation de ce viscère. D'ailleurs il sait que les artères et les veines communiquent entre elles par des anastomoses, et qu'elles laissent filtrer à travers leurs parois les éléments sanguins destinés à la nutrition des parties. Galien connaît donc nettement la progression du sang dans ses vaisseaux, mais il n'a pas encore l'idée du mouvement circulaire ou de la circulation complète de ce fluide (1).

A l'époque de la renaissance des lettres, les idées de Galien commencèrent, aux yeux de quelques observateurs, à perdre de leur prestige. En 1553, Servet (2) indique nettement la circulation pulmonaire. Il annonce d'une manière très explicite que le sang des cavités droites, au lieu de passer dans les cavités gauches à travers de prétendues porosités de la cloison interventriculaire, est porté du ventricule droit dans l'artère pulmonaire, puis de celle-ci dans les veines pulmonaires, qui l'amènent dans les cavités gauches du cœur; et c'est en traversant ainsi le poumon qu'il se mêlerait à l'air et changerait de couleur. Quelques années après, Colombus, qui très probablement ne connaissait point les idées physiologiques jetées par Servet au milieu des disputes religieuses de la réforme, expose de même très clairement la petite circulation.

Un peu plus tard encore, Césalpin signale de nouveau la petite circulation, c'est-à-dire le passage du sang des cavités droites du cœur dans l'artère pulmonaire, de celle-ci dans les veines pulmonaires, par lesquelles il revient aux cavités gauches. De plus il découvre, en la nommant, la circulation générale, car il dit que le sang du ventricule gauche est distribué aux différentes parties du corps par l'aorte, et qu'il revient de celles-ci au cœur droit par les veines. Il était arrivé à reconnaître que dans les veines le sang marche de la périphérie vers le centre ou des parties vers le cœur, par le gonflement que la compression détermine sur une veine entre les parties et la ligature, et non pas entre la ligature et le cœur.

Ainsi l'idée de la circulation était connue et exprimée par les auteurs qui viennent d'être rappelés. Elle était même avant eux indiquée vaguement en 1552 par don Francisco de la Reyna, hippiatre espagnol, dont l'ouvrage paraît avoir été peu connu. Celui-ci dit que les veines naissent du foie et les artères du cœur, que par les unes il se meut de haut en bas, et par les autres de bas en haut, de telle sorte qu'il « progresse en tournant ou en décrivant un cercle. » Mais ces idées nouvelles, opposées aux idées anciennes, n'étaient ni développées suffisamment, ni

(1) Voyez *De usu partium*, lib. VI, cap. IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, et XVII.

(2) *Christianismi restitutio*. Viennæ Allobrogum, 1553.

appuyées sur des considérations anatomiques et expérimentales ; elles ne pouvaient rivaliser avec les doctrines acceptées jusqu'alors avec respect sur l'autorité de Galien : aussi elles firent peu d'impression et furent bientôt oubliées.

Enfin Harvey parut. Instruit à une école déjà célèbre où les idées des adversaires de l'antiquité avaient dû se faire jour, il fixa son attention sur l'admirable structure du cœur, sur la disposition des valvules placées à l'origine de l'aorte, de l'artère pulmonaire et sur les valvules des veines que venait de découvrir son maître, Fabrice d'Aquapendente : ces méditations le conduisirent à l'immortelle découverte de la circulation du sang.

Harvey, dont le livre (1) fut publié pour la première fois en 1628, réfute les idées des anciens et examine successivement l'action du cœur, celle des artères, des veines et le mode suivant lequel le sang se meut dans ces vaisseaux. Il établit que le cœur éprouve deux mouvements alternatifs, l'un de diastole et l'autre de systole. Par le premier, qui est passif, l'organe se dilate pour recevoir le sang des veines ; et par le second, qui est actif, il se contracte pour chasser ce fluide dans les artères. Il fait voir que la contraction des ventricules succède à celle des oreillettes, et qu'il y a un antagonisme entre l'action des premières et celle des secondes. Les deux oreillettes se contractent ensemble et chassent dans les ventricules le sang qu'elles contiennent, puis les deux ventricules se resserrent à leur tour et lancent dans les artères le sang qu'ils viennent de recevoir. Pendant que les oreillettes se contractent, les ventricules se relâchent, et lorsque les ventricules opèrent leur systole, les oreillettes éprouvent leur diastole. Au moment de la contraction des oreillettes, les valvules auriculo-ventriculaires s'abaissent pour laisser passer le sang dans les ventricules ; et au contraire, lors de la contraction des ventricules, ces mêmes valvules se relèvent pour empêcher le sang de refluer dans les premières cavités. En se contractant, le cœur se tend, se raccourcit, éprouve une légère torsion spiroïde sur lui-même, et enfin, en venant frapper les parois de la poitrine, donne lieu au choc et au bruit particulier perceptibles au toucher et à l'auscultation. Harvey reconnaît tous les détails de ce mécanisme en examinant le cœur des animaux vivants, et surtout celui des vertébrés à sang froid.

Lors de la contraction des ventricules, le sang est lancé dans les artères, aorte et pulmonaire, qui à ce moment se distendent et éprouvent le battement connu sous le nom de *pulsation*. La dilatation de ces vaisseaux, purement passive, résulte de l'impulsion communiquée au sang que leur envoie le cœur, et cette impulsion augmente la hauteur du jet de ce fluide s'échappant d'une artère blessée, et lui donne le caractère saccadé qui le distingue du jet de sang veineux. Ce battement de l'artère, isochrone aux battements du cœur, se fait sentir à la fois dans toute l'étendue du système artériel, au niveau d'un sac anévrysmal où les parois vasculaires n'ont plus leurs propriétés normales, et au-dessous d'une ossification, preuve qu'ils ne tiennent point à une diastole active, à une force propre aux artères. Ce sang, en pénétrant dans l'aorte et l'artère pulmonaire, soulève les valvules sigmoïdes placées à l'entrée de ces vaisseaux, puis il les abaisse et trouve en

(1) *Exercitationes anatomicæ de motu cordis et sanguinis circulatione.*

elles un obstacle à son reflux vers le cœur, dès que la diastole des ventricules succède à leur contraction.

Une fois parvenu à l'extrémité des artères divisées, il passe dans les racines des veines par des anastomoses ou des communications médiates, que Harvey reconnaît entre les artères et les veines ombilicales, les artères et les veines spermatiques, mais qu'il soupçonne exister dans toutes les parties de l'organisme. Des veines les plus petites, le sang passe successivement dans les plus grandes et revient aux cavités droites du cœur. Cette marche du sang dans les veines se démontre par le gonflement qui se manifeste au-dessous, et non au-dessus d'une ligature appliquée circulairement sur les veines d'un membre, par l'interruption de l'écoulement du sang à travers la piqûre de ces veines, dès qu'on vient à comprimer celle-ci immédiatement au-dessous de l'ouverture. Les valvules, si nombreuses dans ces vaisseaux, ont leur bord libre tourné vers le cœur; elles s'appliquent sur les parois veineuses tant que le sang coule librement vers le centre; mais elles s'écartent de ces parois, se tendent en travers de la veine, lorsque le sang a de la tendance à rétrograder, et ainsi elles s'opposent à ce qu'il reflue vers la périphérie.

Harvey n'analyse pas seulement avec précision le rôle du cœur, des veines, des artères dans la circulation, il se fait une idée exacte du jeu simultané de toutes les parties du système vasculaire, et de la circulation dans son ensemble. Il voit que par suite de la contraction du ventricule droit, le sang est lancé dans l'artère pulmonaire, et de celle-ci dans les veines pulmonaires, qui le ramènent à l'oreillette gauche, d'où il passe dans le ventricule correspondant. Par la contraction de celui-ci le sang est poussé dans l'aorte, qui le distribue à toutes les parties; et des divisions de l'aorte il passe dans les veines, par lesquelles il revient à l'oreillette droite. Pendant que la grande circulation s'effectue, la petite s'accomplit; elles coïncident l'une avec l'autre: le sang que les veines du corps ont amené aux cavités droites ne peut retourner aux parties d'où il vient, sans avoir préalablement traversé le poumon. De même, le sang qui vient de décrire son cercle à l'organe respiratoire, n'y passe de nouveau qu'après avoir été distribué à toutes les parties. Tout cela s'opère avec rapidité. Harvey calcule la vitesse du sang par la quantité de ce fluide que le cœur peut lancer à chaque contraction, et par la promptitude avec laquelle le sang d'un animal s'écoule à travers une artère blessée. Il ne manquait plus à la circulation qu'une preuve directe: elle fut donnée peu de temps après la mort du grand homme par Malpighi et Leuwenhoeck, qui, à l'aide du microscope, purent voir le passage du sang des artères dans les veines.

La gloire de la découverte du cours du sang revient donc à Harvey. Si d'autres avant lui ont eu une idée vague de la circulation, Harvey le premier s'en est fait une idée précise et complète; il en a déterminé le mécanisme admirable dans son ensemble et dans tous ses détails; il a reconnu les particularités de l'action du cœur, des artères et des veines; en un mot, il a saisi à lui seul tous les traits d'une fonction qui jusqu'alors avait été une énigme pour les grands esprits de l'antiquité et pour les plus habiles observateurs de la renaissance. Les vérités qu'il venait de révéler au monde trouvèrent des adversaires, inspirés les uns par un respect et

une foi trop sincères aux dogmes des anciens, les autres par l'envie qui poursuit toujours les grandes découvertes. Et lorsque l'évidence fit taire les ennemis de Harvey, ils voulurent rapporter le mérite de sa découverte à des auteurs qui n'y avaient jamais pensé. Harvey ne leur répondit rien. Seulement il descendit dans la lice pour réfuter avec une rare dignité les objections de Riolan, qui tenait un rang éminent parmi les anatomistes de son époque. Le temps et le ridicule firent justice du reste (1).

CHAPITRE XL.

DE L'ACTION DU CŒUR ET DU COURS DU SANG DANS LES CAVITÉS DE CET ORGANE.

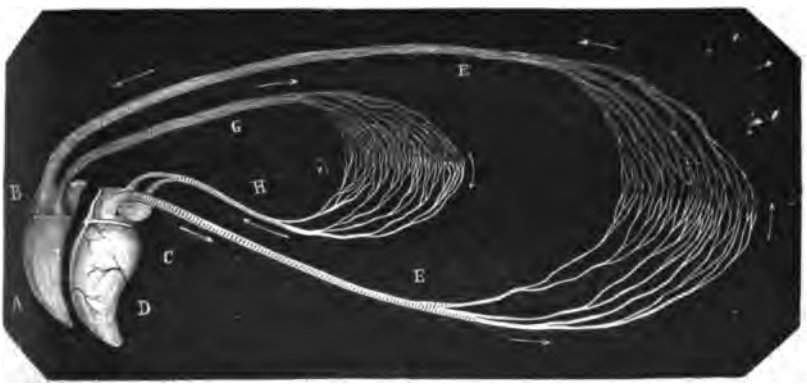
Le mouvement du sang, dans le système vasculaire, dérive uniquement chez les animaux inférieurs de la contraction plus ou moins énergique des parois des vaisseaux; mais il tient essentiellement, chez les animaux plus parfaits, à l'impulsion puissante que le cœur communique à ce fluide. Dans les deux cas, la cause du mouvement réside dans la contraction des réservoirs ou des canaux qui contiennent le sang; seulement dans le premier elle s'exerce partout, et dans le second elle est limitée à la partie centrale du système. La différence fondamentale qui existe entre ces deux modes de circulation résulte de la dissémination ou de la centralisation de la puissance qui fait mouvoir les fluides. Le système lymphatique et le système sanguin des vertébrés nous montrent ces deux types fonctionnant parallèlement, chacun suivant ses lois organiques spéciales : le premier représentant l'appareil vasculaire le plus simple, et le second l'appareil porté à son plus haut degré de complication.

Le cœur des vertébrés supérieurs est placé à la fois sur le trajet du sang veineux et sur celui du sang artériel, précisément au point où les deux circulations, la petite et la grande, s'entrecroisent, tout en demeurant distinctes et isolées. Il est formé de deux cœurs unis intimement, agissant ensemble, mais n'ayant entre eux aucune communication. L'un reçoit et lance du sang veineux, l'autre reçoit et chasse du sang artériel. Le premier reçoit le sang noir de la grande circulation, et l'envoie à la petite; le second, au contraire, reçoit le sang rouge de la petite circulation, et l'envoie à la grande. Le cœur droit appartient à la circulation générale par son oreillette, et à la circulation pulmonaire par son ventricule; le gauche appartient à celle-ci par son oreillette, et à celle-là par son ventricule. Ils sont tellement disposés, que le sang noir ne peut se mêler au sang rouge, et que le fluide sorti de l'un d'eux n'y peut revenir qu'après avoir parcouru le cercle des deux circulations, c'est-à-dire après avoir traversé deux séries d'artères, deux sys-

(1) Voyez, pour de plus amples détails, l'*Histoire de la découverte de la circulation du sang*, par M. Flourens. Paris, 1854.

ièmes capillaires et deux séries de veines (fig. 77). Examinons le rôle de cet organe complexe, c'est-à-dire les mouvements du cœur, les phénomènes dont ils s'accompagnent, l'impulsion qu'ils communiquent au sang, et l'action nerveuse sous l'influence delaquelle ils s'opèrent.

Fig. 77 (1).



I. Des mouvements du cœur.

Le cœur, considéré dans son ensemble, éprouve deux mouvements, l'un passif, par lequel il se dilate pour recevoir le sang que lui apportent les veines ; l'autre actif, par lequel il se contracte et lance dans les artères le sang qu'il vient de recevoir : le premier est la diastole, et le second la systole ; mais chacun de ces deux mouvements ne s'opère pas en même temps dans les oreillettes et dans les ventricules. Les deux oreillettes se dilatent ensemble, et pendant leur dilatation les ventricules se contractent, puis à leur tour les deux ventricules se dilatent au moment où les deux oreillettes se contractent : en d'autres termes, la diastole des oreillettes coïncide avec la systole des ventricules, et réciproquement, la systole des cavités auriculaires est isochrone avec la diastole des cavités ventriculaires. Il faut déterminer les caractères et le mécanisme de ces deux actes avant de rechercher suivant quel ordre ils se succèdent.

Il est facile, en mettant à découvert le cœur d'un reptile, d'un poisson ou d'un mammifère qui vient de naître, de voir comment s'effectuent les mouvements de totalité du cœur et ceux de ses oreillettes et de ses ventricules. Sur le vertébré à sang froid dont le cœur a des parois minces et des contractions lentes, on observe : 1° que l'oreillette simple ou double se resserre dans tous les sens, et pâlit un peu pendant que le ventricule se dilate ou se gonfle, suivant ses différents diamètres, alors il y a systole de l'oreillette et diastole du ventricule : la première se vide, le second se remplit ; le sang qui se trouvait dans la cavité auriculaire passe dans la cavité ventriculaire : c'est là le premier temps de l'action totale du cœur. Ensuite

(1) Fig. 77. — *A*, ventricule droit ; *B*, oreillette droite : *G*, artère pulmonaire ; *E*, veine cave ; *D*, ventricule gauche ; *C*, oreillette gauche ; *F*, aorte ; *H*, veines pulmonaires.

le ventricule plein de sang se contracte, se raccourcit dans toutes les directions et pâlit; il lance son contenu dans les artères; au même moment l'oreillette se dilate en se remplissant du sang que lui apportent les veines; il y a systole du ventricule et diastole de l'oreillette : c'est là le second temps d'une révolution complète du cœur, et cette révolution une fois achevée se reproduit indéfiniment avec régularité. Sur le mammifère, immédiatement après la naissance, les mêmes phénomènes, moins le changement de couleur des parois du cœur, deviennent aussi distincts. Les deux oreillettes se contractent ensemble, pendant que les deux ventricules se dilatent simultanément, puis les deux ventricules opèrent leur systole pendant que les deux oreillettes effectuent leur diastole : il y a unité parfaite dans l'action des deux ventricules, et unité semblable dans celle des deux oreillettes. Ce rhythme conserve ses caractères pendant une période assez longue, soit sur l'animal ouvert vivant, soit sur l'animal auquel on a tranché la tête, ou simplement fait la section de la moelle épinière au niveau des condyles de l'occipital.

Ce premier aperçu nous fait pressentir qu'il y a dans le cœur deux parties distinctes : une supérieure formée par les oreillettes, et une inférieure formée par les ventricules; il nous fait supposer que ces deux parties sont indépendantes, puisque l'une se contracte pendant que l'autre se relâche; mais il nous indique aussi que les deux oreillettes doivent présenter une texture qui les rende solidaires l'une de l'autre, et que les deux ventricules doivent également se lier entre eux d'une manière intime. Or l'inspection anatomique démontre clairement que la masse musculaire des oreillettes est tout à fait isolée de la masse musculaire des ventricules par des zones fibreuses intermédiaires, situées au pourtour des orifices auriculo-ventriculaires, et qu'en un mot ces deux parties représentent deux organes distincts superposés, deux doubles sacs, dont le supérieur communique largement avec l'inférieur.

Les deux oreillettes qui doivent se contracter et se dilater ensemble ont des fibres communes, qui entourent l'oreillette droite, de même que la gauche, et qui concourent à la formation de la cloison qui sépare ces deux poches; de plus, chacune d'elles possède quelques fibres propres, mêlées, entrecroisées avec les communes. Leurs parois sont minces et douées d'une force de contraction peu considérable, car elles n'ont d'autre office que de recevoir le sang apporté par les veines et de le pousser dans les ventricules où ce fluide parviendrait sans le secours de leur action.

Les ventricules qui constituent la partie principale du cœur et celle qui imprime au sang l'impulsion sous l'influence de laquelle il parcourt le cercle des deux circulations, les ventricules ont aussi deux espèces de fibres : ils ont des fibres communes qui établissent l'unité, la simultanéité de leur contraction et de leur relâchement; ils ont des fibres propres, et le gauche en a un plus grand nombre que le droit, car le premier doit lancer le sang dans tout le corps, tandis que le second ne doit le chasser que dans le poumon. Ces fibres ne forment point des plans distincts, superposés; elles sont entrecroisées les unes avec les autres en divers sens. Toutes sont disposées en anses obliques et contournées, dont la convexité répond à la pointe du cœur, et dont les deux extrémités, ou au moins l'une d'elles, se [illegible] nes fibreuses qui circonscrivent les ouvertures auriculo-ventriculaires.

Les fibres communes ou unitives entourent les deux ventricules, et entrent dans la composition de la cloison interventriculaire. Les fibres droites se dirigent toutes en avant pour descendre vers la pointe du cœur, et les fibres gauches se dirigent au contraire toutes en arrière, pour se porter vers le même point. Une partie d'entre elles passent du ventricule droit sur le gauche, ou du gauche sur le droit, en traversant les scissures spiroïdes qui séparent les deux ventricules; d'autres, après avoir concouru à la formation d'un ventricule, pénètrent dans la cloison avant de revenir dans les parois de l'autre; enfin quelques-unes passent d'un ventricule sur l'autre, et viennent se terminer aux colonnes mousses, sur lesquelles s'implantent les cordages des valvules mitrale et tricuspide. Les fibres propres appartiennent exclusivement, les unes au ventricule gauche, et ce sont les plus nombreuses, les autres au ventricule droit, et les premières, de même que les secondes, font partie du septum interventriculaire.

Les fibres communes aux deux ventricules, et les fibres propres à chacun d'eux, ont une même direction d'ensemble; elles se portent toutes de la base du cœur vers la pointe, autour de laquelle elles se contournent en tourbillonnant avant de revenir à l'intérieur. Ces fibres changent plusieurs fois de situation, depuis leur point de départ jusqu'à celui de leur terminaison. Les unes, superficielles pendant un certain trajet, deviennent bientôt moyennes et plus tard tout à fait profondes. De même, les profondes à leur origine deviennent moyennes, et enfin superficielles. Cet entrecroisement remarquable, cette sorte d'intrication, se fait principalement au niveau des scissures spiroïdes, car c'est là que les fibres communes ou propres, après avoir enveloppé les ventricules, entrent dans la composition de leur septum. Un tel arrangement a pour but de permettre aux deux ventricules d'agir ensemble, de se resserrer dans tous les sens et de donner à chacun d'eux une force proportionnée à l'étendue de chacune des deux circulations : il fait des deux ventricules, suivant l'heureuse comparaison de Winslow, deux sacs musculeux renfermés dans un troisième de même nature.

L'indépendance dans laquelle se trouvent les fibres des oreillettes par rapport à celles des ventricules, et la disposition de ces fibres dans les deux parties constituantes du cœur, expliquent donc très bien, d'une part, pourquoi les oreillettes peuvent se relâcher pendant que les ventricules se contractent, et réciproquement; d'autre part; elles montrent pourquoi les deux ventricules agissent ensemble, et les deux oreillettes aussi. La structure de l'organe est admirablement appropriée à son mode d'action. Mais poursuivons l'analyse des mouvements du cœur.

Pour étudier les battements du cœur, Galien détachait cet organe de la poitrine d'un animal vivant, ou se bornait à le mettre à découvert en soulevant une partie du sternum. Vésale, Haller, Bichat, enlevaient un côté du thorax, et en cela ils ont été imités par les observateurs modernes, qui ont étendu leurs recherches en dehors du cercle des animaux à sang froid. On peut, dans ce but, ou enlever la partie inférieure d'un muscle intercostal au niveau du péricarde, ou deux de ces muscles avec l'extrémité sternale d'une côte, de manière à établir une petite fenêtre en regard de cet organe. Mais dans ces différents cas, les battements du cœur acquièrent une vitesse extrême; la respiration devient pénible, cesse de s'opérer, ou à peu près, du côté de l'ouverture, et l'animal ne tarde pas à expirer avant

qu'on ait pu suivre attentivement l'expérience. Enfin, si l'on veut ne pas arrêter la respiration, il faut se borner, comme je l'ai fait sur les petits ruminants dont le sternum est mince, à pratiquer à cet os une ouverture circulaire correspondant à la partie inférieure du péricarde, qui, percé à son tour, laisse voir et permet de palper la pointe du cœur, sans que l'air s'introduise dans le sac des plèvres pour affaisser le poumon ; mais alors il n'est pas possible d'apprécier les mouvements du cœur dans leur ensemble : on ne peut juger par la vue et le toucher que du jeu de la pointe de cet organe.

Pour arriver sûrement à bien saisir les diverses particularités de l'action du cœur, j'ai imaginé un procédé simple qu'on emploie avec la plus grande facilité sur le cheval, le bœuf et les animaux de haute stature. Il consiste à pratiquer aux parois abdominales, sur la ligne blanche, en arrière de l'appendice xiphoïde, une incision longue de 1 décimètre et demi, par laquelle on engage la main ; puis on fait une petite fente au diaphragme dans le plan médian, et l'on arrive avec la main à la surface du péricarde. Alors on sent très bien les mouvements du cœur, et en même temps les ventricules et les oreillettes. Quand on est fixé sur ce premier point, le doigt ouvre le péricarde, et agrandit ensuite la fente jusqu'au degré jugé nécessaire. Une fois le péricarde ouvert, la main peut s'appliquer successivement sur les deux faces du cœur, s'interposer entre le sternum et la pointe de l'organe, presser les ventricules, les oreillettes, la base de l'aorte, de l'artère pulmonaire, et ainsi on se fait une idée exacte de l'état de ses parties lors de la systole et de la diastole du cœur. Enfin, en faisant aux oreillettes, comme je le dirai plus tard, de petites ouvertures faciles à fermer, le doigt va explorer tous les recoins de leur cavité, descend dans les ouvertures auriculaires, remonte vers les orifices artériels, permet de juger du jeu des valvules : tout cela sans que la respiration et la circulation soient immédiatement troublées. En répétant un grand nombre de fois ces explorations faciles et peu douloureuses, l'expérimentateur se familiarise insensiblement avec les mille détails de l'action du cœur, et arrive bientôt à distinguer nettement les particularités qui, dans le principe, lui paraissaient confuses.

§ I. — De la systole.

La systole, l'un des deux mouvements du cœur, consiste dans la contraction de cet organe et dans le resserrement de ses cavités. Il y a une systole des oreillettes qui pousse le sang dans les ventricules, et une systole des ventricules qui lance le sang dans les artères. Elles ne coïncident point l'une avec l'autre, mais elles s'effectuent successivement.

La systole ventriculaire, la plus essentielle et la plus énergique, a lieu en même temps pour les deux ventricules. Pendant qu'elle s'opère, le cœur, en masse, change de forme et de direction, se déplace légèrement, diminue de volume et de capacité ; il se dessine quelques rides à sa surface, suivant le sens de ses fibres les plus extérieures, et l'extrémité libre de l'organe frappe les parois inférieures et latérales du thorax en des points variables, suivant les animaux.

La réduction de volume éprouvée par le cœur, lors de sa contraction, est incontestable ; elle a lieu dans tous les sens, d'avant en arrière, d'un côté à l'autre et de la base vers la pointe, comme on le voit sur le cœur des serpents, des batraciens,

des poissons, sur celui des mammifères et des oiseaux, retiré du thorax, et moins distinctement sur le cœur des mammifères dont la poitrine est ouverte. Elle s'opère principalement d'avant en arrière, c'est-à-dire de la paroi antérieure du ventricule pulmonaire vers la paroi postérieure du ventricule aortique, lesquelles se rapprochent de la cloison interventriculaire; mais elle est beaucoup moins étendue dans le sens transversal et suivant l'axe vertical du cœur. La réduction de la base vers la pointe, niée par Vésale, Borelli et beaucoup d'autres, qui croyaient même à un allongement de l'organe au moment de la systole, a été reconnue par Haller sur le cœur des batraciens où elle est très évidente, et sur celui du chat où elle est infiniment moins prononcée. Elle doit se produire nécessairement par suite de la disposition des fibres ventriculaires; mais elle m'a semblé toujours peu sensible sur le cheval, le mouton, de même que sur le chien et le chat. Ce raccourcissement s'accompagne, suivant l'observation de Harvey, d'un léger mouvement spiroïde ou de torsion, sensible surtout vers la pointe de l'organe; mais cette torsion, constatée sur l'homme par M. Cruveilhier et plus tard par M. Follin dans des cas d'ectopie, se fait, d'après les uns, de droite à gauche, et d'après les autres en sens inverse; il est assez appréciable sur les carnassiers dont le péricarde est ouvert, ou mieux lorsqu'il est enlevé en grande partie; mais je n'ai pu en reconnaître très distinctement l'existence, ni à la vue, ni au toucher, sur le cœur des grands animaux. Peut-être a-t-il été admis par des observateurs qui ont vu se dessiner à la surface du cœur des sillons et des stries saillantes dirigées en spirale comme les fibres elles-mêmes.

En se contractant, le cœur se tend, se durcit, repousse la main qui est appliquée à sa surface et fait même un certain effort pour écarter les doigts qui le pressent. Ce fait, observé depuis longtemps sur le cœur rapidement extrait de la poitrine d'un animal vivant, devient très manifeste quand on veut saisir le cœur, comme je l'ai dit, à travers une ouverture du diaphragme. Quoique les auteurs le citent comme un phénomène très simple, il n'en est pas moins fort difficile à expliquer. On conçoit bien que le cœur se durcisse, acquière une tension considérable au moment de la systole, c'est là un résultat nécessaire de sa contraction; mais on ne s'explique guère comment cet organe, en diminuant de volume, en se resserrant fortement sur lui-même, repousse la main qu'on applique à sa surface et donne aux doigts qui le compriment la sensation d'un effort expansif. Un tel résultat, s'il se comprend en ce qui concerne le cœur détaché, vide, flasque, aplati, lequel redevient jusqu'à un certain point globuleux à l'instant de sa contraction, me paraît une énigme dans les conditions normales. L'énergie de l'effort expansif n'aurait rien d'étonnant si cet effort avait lieu lors de la diastole comme je l'avais cru d'abord, et comme, du reste, la théorie semble l'indiquer; mais il se produit au moment de la systole, car il coïncide : 1° avec la tension des parois ventriculaires; 2° avec le choc du cœur contre les parois thoraciques; 3° avec le rétrécissement des cavités ventriculaires; 4° enfin avec le soulèvement des valvules tricuspide et mitrale, ainsi qu'on peut en juger en introduisant un doigt dans la cavité d'un ventricule, à travers une ouverture de l'oreillette, et pendant que le reste de la main continue à palper l'extérieur de l'organe.

Au moment de sa systole, le cœur donne lieu à une espèce de choc de son extrémité libre sur le sternum et la paroi latérale gauche du thorax, au niveau des cin-

quième et sixième côtes, chez les solipèdes et les ruminants. Ce choc s'opère sans que la pointe de l'organe se soit éloignée de la face supérieure du sternum. Les cavités ventriculaires se resserrent sans que leurs parois internes se mettent partout en rapport avec elles-mêmes ; les orifices auriculo-ventriculaires se rétrécissent considérablement tout en conservant une notable partie de leur diamètre ; les valvules mitrale et triglochine se relèvent, et principalement la découpure qui, dans le ventricule gauche, regarde l'orifice de l'aorte et celle qui, dans le droit, correspond à l'artère pulmonaire ; enfin, la plus grande partie du sang que renferment les ventricules est lancée dans les gros troncs artériels qui en émanent.

La systole est le résultat d'une contraction brusque et très énergique des fibres ventriculaires. Plus tard nous chercherons à apprécier l'intensité de l'impulsion qu'elle communique au sang chassé dans les artères.

La systole des oreillettes s'opère en même temps pour la droite et la gauche, par suite de la présence des fibres communes aux parois de ces deux cavités ; elle diminue la longueur du croissant qu'elles représentent dans leur ensemble, fait perdre à celui-ci une partie de son ouverture ; de plus, elle rétrécit légèrement chaque oreillette d'un côté à l'autre, la déprime de dessus en dessous en la rapprochant de la base des ventricules. Cette contraction, facile à étudier sur le cœur des reptiles et sur celui des mammifères dont la poitrine est ouverte, n'a pas, à beaucoup près, les mêmes caractères que la systole ventriculaire. Les auteurs l'ont en général assez mal appréciée. Elle n'a point l'énergie considérable que lui supposaient les anciens physiologistes, et pourtant elle n'est point aussi faible que le disent plusieurs auteurs modernes qui l'ont trouvée très obscure sur des animaux mutilés, et qui, à cause de cela, la croient telle dans les conditions normales. Sans doute, sur les animaux que l'on ouvre vivants avec une grande rapidité, les contractions des oreillettes paraissent faibles et sont constamment impuissantes à se vider dans les ventricules de la totalité et seulement de la plus grande partie du sang qu'elles contiennent. Sans doute, ces cavités conservent toujours une certaine quantité de sang, même à l'instant des systoles les plus énergiques, comme je m'en suis assuré maintes fois sur des chevaux, des chiens, des moutons dont le thorax était ouvert d'un côté ; mais ce fait tient à une gêne extrême de la circulation et à la trop grande quantité de sang que les veines viennent verser dans leur cavité. Sur les animaux dont le cœur est palpé seulement à travers une ouverture aux parois abdominales et au diaphragme, on sent les oreillettes se resserrer et se dilater tour à tour ; néanmoins elles ne se débarrassent jamais de la totalité de leur contenu au moment de la systole. Elles ne donnent pas à la main qui les presse la sensation d'un effort analogue à celui de la systole ventriculaire ; enfin elles ne compriment jamais beaucoup le doigt qui s'est introduit dans leur cavité, par une petite ouverture faite à l'auricule. Leur resserrement devient du reste de moins en moins appréciable, et, un certain temps après que le diaphragme a été incisé, les oreillettes demeurent constamment pleines de sang, surtout la droite, qui se trouve beaucoup plus distendue que l'autre. J'ai vu, sur un fœtus de jument à terme tiré du sein de sa mère par une ouverture aux parois abdominales, les oreillettes pâlir en s'affaissant lors de leur systole, puis reprendre leur teinte normale au moment de leur diastole. Le phénomène avait dans cette circonstance les carac-

tères qu'il présente chez les batraciens, les serpents et les autres animaux vertébrés à sang froid.

La systole des oreillettes n'a donc qu'une énergie assez restreinte, bien suffisante du reste pour pousser dans le ventricule relâché le sang apporté par les veines, car ce sang arrivait déjà dans les ventricules sans le secours de l'impulsion communiquée par la systole auriculaire. On voit, en effet, dans diverses conditions expérimentales, comme M. Magendie l'a observé, que les oreillettes extrêmement distendues pendant des heures entières sont mises dans l'impossibilité de se contracter sensiblement et de revenir sur elles-mêmes, sans que pour cela l'abord du sang dans les cavités ventriculaires cesse d'avoir lieu avec facilité. De plus, j'ai constaté que le ventricule gauche, par exemple, se remplit très bien de sang lorsque le doigt étendu dans l'oreillette correspondante empêche celle-ci de revenir sur elle-même.

§ XI. — De la diastole.

A la contraction des parois cardiaques succède un relâchement brusque, rapide, pendant lequel les cavités de cet organe se remplissent de sang. Ce deuxième phénomène constitue la diastole qu'il faut distinguer encore en ventriculaire et en auriculaire.

La diastole s'opère simultanément dans les deux ventricules dès que la contraction des fibres musculaires de ces deux cavités se suspend. Alors les parois ventriculaires perdent subitement leur tension ; celle du ventricule droit se porte en avant et s'éloigne du septum ; celle du ventricule gauche se projette en arrière, cédant l'une et l'autre à l'effort du sang qui afflue dans les ventricules. La cavité de ceux-ci se dilate. Le cœur se gonfle dans tous les sens ; son diamètre antéro-postérieur, surtout, s'agrandit considérablement ; l'organe s'allonge sensiblement, sa pointe s'éloigne de sa base, revient en arrière et se rapproche de la ligne médiane ; les valvules mitrale et tricuspide s'abaissent en s'appliquant sur les parois internes des ventricules ; enfin ceux-ci reçoivent la plus grande partie du sang contenu dans les oreillettes.

Les caractères propres à la diastole des ventricules sont très faciles à saisir, soit sur le cœur complétement détaché du corps, soit sur le cœur d'un animal ouvert vivant et examiné, alors qu'une grande partie de son sang est soustraite à la circulation. Dans le premier cas, le cœur, en se relâchant, s'aplatit, se déprime de dessus en dessous, la paroi du ventricule droit devient extrêmement flasque ; dans le second cas, les parois ventriculaires acquièrent encore une flaccidité assez grande, faute d'une suffisante quantité de sang pour les soulever et les distendre, et aussi faute d'une impulsion énergique communiquée à ce fluide par les oreillettes. Mais dans ces circonstances, les choses ne se passent point comme à l'état normal ; elles se présentent sous un aspect qui donne une idée fausse des phénomènes de la diastole.

Lorsqu'on examine le cœur d'un animal dont la poitrine vient d'être ouverte rapidement, avec les précautions requises pour atténuer autant que possible l'abondance de l'hémorrhagie, on voit, dès que la contraction des ventricules cesse, la masse du cœur se gonfler avec une grande rapidité, et pour ainsi dire subitement, comme si les ventricules jouissaient d'une expansion active succédant immédiate-

ment à leur resserrement; le cône formé par la masse ventriculaire s'élargit dans toute son étendue, et plus, proportionnellement, à sa partie moyenne qu'à sa base. Ce cône s'allonge sensiblement, comme Haller l'avait déjà remarqué en approchant la pointe d'un instrument de l'extrémité libre du cœur, laquelle venait se blesser à chaque diastole; observation exacte que j'ai plusieurs fois vérifiée sur le chien. La pointe du cœur qui, dans la systole, s'était légèrement projetée en avant, tout en se déviant à gauche de la ligne médiane, revient en arrière et à droite. Le doigt engagé dans la cavité du ventricule cesse d'y être comprimé, et s'il y pénètre supérieurement, à travers une petite ouverture faite à l'extrémité libre d'une oreillette, il permet de sentir les découpures valvulaires s'abaisser, et l'orifice auriculo-ventriculaire augmenter considérablement de diamètre.

La diastole des oreillettes s'opère aussi brusquement que celle des ventricules. Ces deux poches, qui avaient pâli sensiblement, lors de la systole, sur les petits animaux et sur les mammifères nouveau-nés, reprennent leur teinte bleuâtre caractéristique; elles se rapprochent fortement de la base de l'aorte et de l'artère pulmonaire; leurs bords perdent leurs légères découpures, l'inférieur descend en glissant sur la base des ventricules, le supérieur remonte et s'épaissit; la surface extérieure de ces oreillettes devient plus convexe et plus régulière; l'auricule droit se rapproche du gauche.

La diastole des ventricules et des oreillettes, considérée par quelques auteurs comme une opération active, est regardée avec raison par les esprits judicieux comme le résultat passif du relâchement des fibres musculaires qui entrent dans la composition des parois de ces cavités. L'activité de la diastole, admise avant l'époque de Haller, et défendue encore de nos jours, a été attribuée à la contraction de certaines fibres disposées de manière à écarter les parois des cavités cardiaques; mais rien dans la structure ni dans le jeu de cet organe ne justifie une telle opinion: les faits sur lesquels elle s'appuie sont illusoires ou mal interprétés. Le cœur qui a paru se tendre et faire un effort d'expansion dans la diastole sur la main qui le presse, ne produit cet effet qu'à l'instant de la systole. Pendant la diastole, le cœur, détaché et vide, est déprimé de dessus en dessous, ses parois sont flasques, et le cœur en place, fonctionnant régulièrement, est moins ferme et moins tendu que lors de la contraction: cet organe est un peu déprimé de droite à gauche, et très allongé d'avant en arrière. Si les oreillettes dans la diastole sont fortement et brusquement distendues, c'est par le sang qu'y poussent les veines avec une assez grande force. Si, de même, les ventricules se gonflent à un degré plus ou moins considérable, c'est que le sang y afflue, suivant la remarque de M. Bérard, animé d'une double impulsion, celle qu'il a reçue des veines et celle que lui ont communiquée les oreillettes.

La diastole, toute passive qu'elle est, s'opère avec rapidité et avec ce caractère en quelque sorte spasmodique que présentait la systole. En cela elle diffère essentiellement du relâchement de la plupart des viscères creux à parois contractiles qui, lorsque la contraction cesse, ne se dilatent qu'avec lenteur et par l'effort exercé de dedans en dehors par les matières étrangères. Cette diastole paraît durer plus longtemps que la systole dans l'état normal; elle emploie à s'effectuer un temps d'autant plus long que la circulation se ralentit davantage. Enfin, au moment de

la mort, elle succède à la dernière contraction, et plus tard elle est remplacée par la roideur cadavérique, commune à toutes les parties du système musculaire. Sur les animaux qui viennent d'expirer après une effusion de sang très rapide, elle laisse le cœur dans un état de flaccidité dont on ne saurait se faire une idée exacte en examinant les cadavres quelques heures après la mort. Ce relâchement est tel que le cœur peut presque s'invaginer sur lui-même si le doigt presse sur sa pointe en se dirigeant vers sa base. C'est alors que l'on peut déterminer exactement la capacité respective de chacune des cavités de cet organe; car on arrive à des données fausses si l'on attend que les ventricules se resserrent de plus en plus, au point que le gauche arrive à n'avoir pour ainsi dire plus de cavité.

II. Du rhythme de l'action du cœur.

L'immortel Harvey a le premier reconnu l'ordre admirable qui préside à l'accomplissement et à la succession des mouvements du cœur : il a vu qu'il y a simultanéité d'action entre les deux oreillettes, simultanéité d'action entre les deux ventricules, et enfin antagonisme constant entre la première et la seconde; en d'autres termes il a observé que les oreillettes se contractent ensemble, les ventricules ensemble; que les premières se resserrent pendant que les seconds se dilatent. Depuis ces observations faites par Harvey, sur divers animaux ouverts vivants et sur un jeune homme dont le cœur avait été mis à nu par la perte d'une partie du sternum, les physiologistes en ont généralement reconnu la justesse ; leur exactitude n'a été contestée que par ceux qui n'ont pu parvenir à étudier les mouvements du cœur avant que leur rhythme eût été modifié sous l'influence des vivisections.

En réfléchissant à la facilité avec laquelle l'expérimentateur peut se donner le spectacle des mouvements du cœur sur les animaux à sang froid, les mammifères nouveau-nés et les animaux de grande taille, on s'explique mal comment des hommes habiles, Boerhaave, Lancisi et d'autres, aient pu se méprendre au point de croire que la systole des oreillettes coïncidait, sinon en totalité, du moins en très grande partie, avec la systole des ventricules; on s'étonne surtout d'entendre dire, de nos jours, que dans un cas d'ectopie du cœur, sur un enfant, on a vu, au lieu de la succession reconnue par Harvey, la diastole s'opérer à la fois dans les ventricules et les oreillettes, puis la systole s'effectuer aussi en même temps pour toutes ces cavités.

Pour bien saisir la succession des mouvements du cœur, il est indispensable de mettre cet organe complétement à découvert, en enlevant rapidement (sur un animal vivant ou sur un animal dont on vient de couper la moelle allongée) les quatrième, cinquième, sixième côtes gauches, la moitié correspondante du péricarde, après avoir préalablement détaché le membre antérieur gauche, et lié en masse les vaisseaux axillaires de ce côté; alors le cœur continue à battre de cinq à dix minutes avec régularité, bien que ses mouvements s'effectuent, surtout au début de l'expérience, avec plus de rapidité qu'à l'état normal. Par ce moyen j'ai pu, sur un poulain qui venait d'être tiré du sein de sa mère, sur des ânes, des

moutons et un très grand nombre de chevaux et de jeunes carnivores, m'assurer de l'exactitude des observations de Harvey, déjà confirmées, en ce qui concerne l'espèce humaine, par MM. Cruveilhier et Follin dans des cas d'ectopie du cœur.

D'abord les deux oreillettes se contractent; elles commencent et elles achèvent ensemble leur contraction, dont l'énergie paraît être égale de part et d'autre. Dès que leur systole est accomplie avec une extrême rapidité, les deux ventricules se contractent à leur tour avec une rapidité un peu moindre que celle de la masse auriculaire. Ces deux systoles se succèdent à un intervalle si court, que celle des oreillettes est à peine achevée à l'instant où celle des ventricules commence. Aussi divers auteurs estimables, en examinant le cœur, dont les mouvements avaient été accélérés par le fait des vivisections, n'ont pu saisir le temps très court qui sépare ces deux contractions. Mais la simultanéité qu'ils ont cru observer entre la systole auriculaire et la systole ventriculaire n'a jamais lieu à l'état normal : toujours celle des oreillettes précède immédiatement celle des ventricules; du moins je n'ai pas eu l'occasion d'observer d'exception à cet ordre, dans les circonstances très diverses où se trouvaient les animaux que j'ai pu étudier.

Aussitôt que les oreillettes se sont contractées, elles se relâchent, et leur relâchement s'opère avec la même rapidité que leur contraction; de sorte que leur diastole coïncide avec le moment où les deux ventricules effectuent leur systole. Enfin la contraction des deux ventricules une fois accomplie, ceux-ci se dilatent, et demeurent, avec les oreillettes, dilatés pendant un instant très court, après lequel la révolution du cœur recommence par une nouvelle contraction des oreillettes, suivie d'une nouvelle contraction des ventricules.

Il y a donc trois temps successifs distincts dans une révolution complète du cœur. Dans le premier, il y a systole des oreillettes, diastole des ventricules; dans le second, systole des ventricules, diastole des oreillettes; dans le troisième, diastole, ou relâchement des oreillettes et des ventricules, c'est-à-dire de la totalité du cœur. Ce dernier est la pause, le temps de repos, signalé par divers auteurs, M. Beau entre autres, qui sont arrivés à le reconnaître en examinant les mouvements du cœur, ralentis sur les reptiles ou sur les animaux dont le thorax était ouvert depuis quelques instants.

Cette succession des mouvements du cœur est constante. Elle comprend toujours trois temps, et non pas tantôt deux ou tantôt trois, comme on l'a prétendu, faute d'avoir, dans toutes les conditions, saisi le temps de repos qui devient d'une brièveté extrême, pour peu que les battements du cœur se précipitent. Toutefois ces trois temps n'ont pas une égale durée : celui de la systole auriculaire coïncidant avec la dilatation des ventricules, paraît le plus court; celui de la systole ventriculaire, répondant à la dilatation des oreillettes, est un peu plus prolongé; enfin le temps de la diastole auriculo-ventriculaire ou du relâchement de la masse entière du cœur a une durée variable, suivant que les mouvements de l'organe sont plus ou moins précipités, c'est-à-dire suivant que le nombre des battements cardiaques est plus ou moins considérable dans une période donnée; il est évidemment plus long chez l'éléphant, dont le cœur bat de vingt-cinq à trente fois par minute, que chez les petits animaux, dont le nombre des battements, dans le même espace, dépasse une centaine. De même il devient de plus en plus long sur le cheval ou sur

le chien décapité, à mesure que le nombre des battements du cœur se rapproche du chiffre normal et qu'il se réduit insensiblement à une fraction de ce chiffre.

Ce mode de succession des mouvements du cœur marque donc trois phases distinctes dans une révolution complète de l'organe. Dans la première, il y a activité des oreillettes ; dans la seconde, activité des ventricules ; et dans la troisième, il n'y a activité nulle part, le cœur tout entier est dans le relâchement. Pendant cette dernière période, la diastole auriculaire s'achève et la diastole ventriculaire commence. Conséquemment alors, le sang passe déjà de l'oreillette dans le ventricule relâché, dont l'orifice supérieur est béant et dont les valvules sont abaissées. Dès qu'une révolution nouvelle succède à celle qui finit, les oreillettes par leur systole, achèvent de remplir les ventricules déjà relâchés. Laënnec s'était trompé en admettant, qu'après la période de repos, la contraction des ventricules signale le début d'une révolution nouvelle. L'observation rend cette erreur manifeste, et le raisonnement la démontre, car les ventricules ne doivent se contracter qu'après que les oreillettes, par leur systole, les ont remplis de sang.

Le rhythme reconnu par Harvey aux mouvements du cœur est donc exact. En premier lieu, il y a coïncidence entre la systole des oreillettes et la diastole des ventricules ; en second lieu, il y a coïncidence entre la systole des ventricules et la diastole des oreillettes. De plus, en troisième lieu, il y a coïncidence momentanée entre la dilatation des oreillettes et la dilatation des ventricules. Ainsi s'accomplit la révolution entière des mouvements cardiaques. Il ne reste plus aucune incertitude à cet égard pour l'observateur qui considère attentivement le cœur mis à découvert, sur un jeune animal dont on a coupé la moelle épinière au niveau de l'occipital, avant d'ouvrir le thorax.

Ce rhythme peut éprouver, sous l'influence de causes diverses, certaines modifications qu'il importe de bien distinguer de l'état normal, afin d'éviter les erreurs si multipliées commises par les auteurs.

D'abord les mouvements du cœur peuvent se succéder avec une rapidité très grande, au point de doubler et même de tripler dans un temps donné leur nombre habituel, comme cela s'observe sur les animaux vivants, dont on ouvre la cavité thoracique ; mais alors ils conservent leurs caractères; seulement leur rapidité empêche de bien saisir l'ordre suivant lequel ils s'opèrent : elle donne lieu, même pour un œil exercé, à des illusions qui ont fait croire à une simultanéité d'action entre des parties dont le jeu est isolé.

Ces mêmes mouvements peuvent être ralentis à divers degrés, sans rien perdre de leur régularité normale. Alors on voit très bien la contraction des oreillettes précéder celle des ventricules, on saisit le temps de repos qui sépare les révolutions de l'organe. L'œil doit d'abord se familiariser avec ces mouvements ralentis avant de chercher à démêler la succession de ceux qui parviennent à leur maximum de précipitation.

Il arrive un moment où les mouvements du cœur, très ralentis, perdent en partie leurs caractères normaux ; et, dans ce cas, la perturbation porte sur les oreillettes, qui, au lieu d'effectuer un nombre de contractions égal à celui des ventricules, se contractent deux, trois fois avant que les ventricules effectuent une seule systole ; mais cette irrégularité alterne souvent avec la régularité habituelle, qu'elle

finit toujours par remplacer dans les derniers moments de l'existence, pendant lesquels il semble qu'une seule contraction des oreillettes ne suffise plus à remplir les ventricules. J'ai observé cette particularité sur un jeune cheval tiré du ventre de sa mère, sur un très grand nombre de solipèdes et de carnassiers, ouverts, les uns tout vivants, les autres après la décapitation ou simplement après la section de la moelle au niveau du trou occipital; M. Magendie l'a depuis longtemps constatée dans ses expériences.

Quelquefois, au contraire, les contractions de l'oreillette sont si faibles, qu'elles paraissent manquer à de certains moments. M. Magendie affirme même qu'alors « la contraction n'a pas lieu, et que la cavité de l'oreillette reste constamment distendue par le sang; seulement, au moment où le ventricule droit se dilate pour recevoir le sang, il se fait un léger resserrement de l'oreillette, resserrement qui est dû, non à sa contractilité, mais à son élasticité. » Je dois avouer que, dans mon opinion, ce défaut de contraction des oreillettes est un fait anormal qui s'observe rarement, si ce n'est aux approches de la mort, sur les animaux dont la circulation est très gênée, par suite de l'affaissement du poumon et des troubles de l'action du cœur.

Le rhythme des mouvements du cœur se modifie sur les animaux expirants, soit que les contractions de cet organe deviennent rares et intermittentes, soit qu'elles acquièrent une précipitation extrême, comme on peut le voir ou le sentir, si le thorax est ouvert ou si la main y est engagée à travers une ouverture du diaphragme. Les contractions deviennent alors inégales, tumultueuses, à peu près simultanées dans les oreillettes et les ventricules. Enfin ces contractions affaiblies ne s'accompagnent plus d'un mouvement de la totalité de la masse du cœur et ne peuvent plus lancer le sang dans les artères; elles constituent une sorte de tremblement fibrillaire qui s'éteint au bout de quelques minutes. Les oreillettes pleines de sang continuent à se gorger de ce fluide sans pouvoir le chasser dans les ventricules; elles se contractent encore faiblement en certains points de leur étendue, et quand la gauche, toujours moins distendue que l'autre, a cessé ses mouvements, la droite continue à effectuer encore quelques légères contractions.

Tel est l'ordre suivant lequel se succèdent les mouvements de contraction et de dilatation des différentes parties du cœur; il faut maintenant porter notre attention sur une autre espèce de mouvements qui coïncident avec les premiers, et déplacent, d'une manière continuelle, le cœur dans la cavité où il est enfermé.

La locomotion du cœur ou les changements de situation qu'il éprouve, relativement aux parois thoraciques, ne peuvent être mis en doute. L'auscultation, l'inspection du cœur à travers le péricarde, ou entièrement découvert, l'application de la main à la surface de cet organe, alors que les parois costales sont intactes, démontrent incontestablement que la masse du cœur se déplace en totalité dans le thorax, et qu'elle change de rapports avec les points de cette cavité. Un coup d'œil jeté sur les connexions de cet organe, peut faire reconnaître la possibilité, les limites, et jusqu'à un certain point le sens de ces déplacements.

Le cœur placé à la partie moyenne de la cavité thoracique, entre les deux poumons qui se moulent à sa périphérie, n'est fixé que par sa base à la naissance de l'artère pulmonaire, et à l'extrémité des veines qui se terminent dans

les oreillettes ; il reste parfaitement libre dans toute son étendue, mais un sac conique, fibro-séreux, uni supérieurement aux gros vaisseaux et à la colonne vertébrale, inférieurement au sternum, le maintient entre les deux lames du médiastin, et assigne les limites du déplacement qu'il exécute dans celui-ci, à la manière d'un battant de cloche.

Le cœur remplit toujours assez exactement la cavité du péricarde, soit lors de sa dilatation, soit au moment de sa contraction, car la pression atmosphérique s'exerce sur ce sac par l'intermédiaire du poumon, et s'oppose à ce qu'il reste, entre sa face interne et la face externe du cœur, un espace autre que celui nécessaire pour contenir un peu de sérosité. Ainsi le péricarde se resserre pendant la systole, se dilate pendant la diastole, de manière à rester constamment appliqué à la surface de l'organe qu'il enveloppe ; mais dès qu'on vient, sur l'animal vivant comme sur le cadavre, à faire une petite ouverture au péricarde, l'air s'y engouffre, en agrandit la cavité, et produit un espace libre autour du cœur.

Le péricarde est séparé des parois costales, dans la plus grande partie de son étendue, par le poumon qui est excavé de chaque côté au niveau du cœur, mais inférieurement il est en contact immédiat avec ces parois, et plus à gauche qu'à droite. En effet, à gauche le poumon échancré au niveau des quatrième, cinquième et sixième côtes, laisse la partie inférieure de la face correspondante du péricarde en contact avec l'extrémité de ces côtes, et leurs cartilages de prolongement recouverts par le triangulaire du sternum. Il en est de même à droite, dans une étendue beaucoup plus petite, ce qui permet au cœur de frapper directement les parois thoraciques.

Les rapports du cœur avec les vaisseaux qui en émanent ou qui viennent s'y terminer, et avec le péricarde permettent, sans aucun doute, à cet organe des mouvements de totalité assez étendus, mais ces mouvements, qu'il effectue de concert avec son enveloppe fibro-séreuse, bien plus que relativement à cette enveloppe, comme on le croit généralement, sont loin d'être déterminés avec précision, surtout en ce qui concerne le choc ou le battement du cœur contre les parois thoraciques. Suivant les uns, le choc coïnciderait avec la systole des ventricules, ainsi que Harvey l'avait vu sur l'homme, Sénac, Haller, sur les animaux ; suivant les autres, au contraire, il se produirait comme l'avait pensé Descartes, au moment de la diastole.

Pour arriver sur ce point litigieux à la découverte de la vérité, beaucoup d'auteurs modernes, se souciant peu des lumières de l'observation directe à laquelle ils ne daignent pas recourir, pensent que la disposition des fibres musculaires du cœur et le simple raisonnement, suffisent pour dissiper toute espèce d'incertitude à cet égard. Pour eux, le cœur ne doit pas frapper les parois thoraciques, lors de sa systole, parce que, à ce moment, il se resserre dans tous les sens et sa pointe se rapproche de sa base. C'est, d'après leurs vues, dans la diastole que le choc peut s'effectuer, alors que l'organe augmente de volume et que sa pointe s'éloigne des oreillettes et des gros vaisseaux. Mais, sans nous préoccuper de ce qui doit être, recherchons ce qui est, demandons la vérité aux expériences qui nous permettent de constater nettement les caractères des battements du cœur, suivons l'exemple que nous donnent Harvey et Haller, et laissons ces auteurs disserter en paix sur

des données purement théoriques. C'est un spectacle affligeant de voir des raisonnements puérils se substituer à des faits que d'illustres observateurs ont constatés, et qu'il est facile de vérifier tous les jours à l'aide des expériences les plus élémentaires.

Or, si en premier lieu on enlève rapidement les quatrième, cinquième et sixième côtes gauche, après avoir coupé la moelle à l'occiput et séparé le membre antérieur gauche des parois thoraciques, on voit, surtout chez les jeunes chiens, que, lors de la systole, le cœur se rapproche des cartilages costaux du côté gauche, et même vient les frapper si ses mouvements conservent une grande énergie, puis, au moment de la diastole, la partie inférieure du cœur revient de gauche à droite sur la ligne médiane. Le fait est sensible le péricarde étant intact; il l'est plus encore si la moitié gauche de ce sac est excisée, et cela souvent dix et quinze minutes après la dénudation du cœur sur les animaux nouveau-nés, chez lesquels la circulation survit très longtemps après la décapitation, la section de la moelle et la suppression des phénomènes respiratoires.

En second lieu, si, sur un solipède, on pratique, dans le cinquième espace intercostal gauche, au niveau de la jonction de la côte avec son cartilage, une petite ouverture par laquelle on engage le doigt, celui-ci est fortement pressé à chaque battement entre la partie inférieure de la face gauche du cœur et la cinquième côte gauche ou le cinquième cartilage intercostal; et si l'on retire le doigt, de manière que son extrémité affleure le plan interne des côtes, le cœur vient frapper le doigt de même qu'il frappe les côtes et les parties molles qui remplissent les espaces intercostaux. Plus tard, nous verrons que ce moment est bien celui de la systole.

En troisième lieu, si, comme je l'ai fait tant de fois, on engage le bras dans le thorax par une incision aux parois abdominales et au diaphragme, on sent à chaque battement la face gauche du cœur qui vient heurter brusquement les parois costales correspondantes, et serrer la main entre elle et ces dernières dès que les doigts se placent entre la masse du cœur et les côtes, ou les cartilages costaux situés vis-à-vis de cet organe. Après chaque battement, le cœur s'éloigne des parois thoraciques gauches, se reporte à droite ou plutôt revient sur le plan médian. Le phénomène a lieu lorsque le péricarde est ouvert, comme lorsqu'il reste intact, sur l'animal couché à droite, comme sur l'animal debout ou placé sur le dos, si toutefois les incisions aux parois abdominales et au diaphragme n'ont que l'étendue nécessaire pour le passage du bras, afin d'éviter la pénétration de l'air dans le sac des plèvres, et par suite un certain affaissement du poumon.

Dans ces conditions diverses, le choc du cœur contre les parois thoraciques coïncide avec sa contraction, c'est-à-dire avec la systole des ventricules, car c'est à ce moment que la masse ventriculaire est tendue et fait effort sur la main qui la presse; c'est à ce moment que les valvules auriculo-ventriculaires s'élèvent, que les orifices de ce nom se resserrent, et qu'enfin le doigt est pressé dans la cavité des ventricules. Toutes ces coïncidences, qui caractérisent l'instant de la systole du ventricule, sont constatées par l'exploration du cœur seulement, ou par l'exploration et le secours de la vue lorsque le cœur est mis à découvert.

Au moment du choc, ce n'est point, comme on le croit généralement, la pointe du cœur qui frappe les parois thoraciques, mais c'est la face gauche de cet organe

qui, dans sa moitié ou au moins dans son tiers inférieur, vient heurter les parois sur une étendue assez considérable dont le centre répond à peu près à l'articulation de la cinquième côte avec son cartilage de prolongement. A ce niveau, le poumon des solipèdes est interrompu, échancré, de telle sorte que cet organe ne s'interposant pas entre le cœur et les parois costales, sur une surface de plus d'un décimètre de diamètre, la masse ventriculaire frappe directement ces parois. La face antérieure ou inférieure du cœur est tout à fait étrangère au battement, car elle s'éloigne très sensiblement du sternum à chaque systole. La pointe de l'organe ne se replie ni ne se tord à gauche pour venir opérer le choc; elle s'élève un peu vers la base, à chaque contraction, tout en demeurant en contact avec la partie la plus postérieure du péricarde, sur laquelle elle glisse en remontant, si bien que sur les solipèdes dont on a incisé largement la ligne blanche en arrière de l'appendice xiphoïde du sternum, le doigt perçoit le choc de la pointe du cœur sur le diaphragme.

Il importe de noter ici, d'une part, que la pointe du cœur se déplace plus ou moins suivant les espèces; et d'autre part, que son déplacement varie beaucoup suivant les conditions dans lesquelles l'expérimentateur place les animaux qui font l'objet de ses études. Dans les circonstances à peu près normales, alors que la respiration se fait bien et que la main ou le doigt, passant à travers le diaphragme, explore la pointe du cœur par une toute petite fente du péricarde, cette pointe demeure, pour ainsi dire, toujours en contact avec le fond de ce sac, c'est-à-dire avec le sternum et l'insertion sternale du diaphragme. Mais, au contraire, quand le thorax est ouvert, la respiration suspendue, quand le poumon affaissé ne presse plus le cœur, quand le péricarde est ouvert et agrandi par l'action de l'air, enfin quand, en même temps, le cœur n'a plus à recevoir et à lancer qu'une faible partie du sang, il se remue dans tous les sens, sa pointe ne se met plus à aucun moment en rapport avec le sternum; elle s'en éloigne beaucoup à chaque systole, puis s'en rapproche un peu à chaque diastole : du reste, jamais sur les solipèdes et les ruminants elle ne se contourne à gauche, tandis qu'elle se tord sensiblement de ce côté chez les chiens. Il faut par conséquent bien se garder de confondre le mouvement du cœur, battant presque à vide, avec le mouvement non influencé par la déplétion du système vasculaire, par la suppression de la respiration, l'entrée de l'air dans le sac du péricarde, etc.

Il faut remarquer aussi que, chez tous les mammifères, la forme du cœur, sa direction, le mode d'attache du péricarde et la disposition du poumon, ne permettent pas à l'organe central de la circulation de battre constamment de la même manière sur les parois thoraciques. Chez les solipèdes et les ruminants, le poumon étant échancré à gauche et un peu à droite, à son bord inférieur au niveau du cœur, laisse cet organe frapper directement les parois costales vers son tiers inférieur. Déjà chez le chien, les échancrures sont plus étroites; chez le lion, le cœur devient très oblique et comme couché parallèlement au sternum, à 5 ou 6 centimètres au-dessus de la face supérieure de cet os, le péricarde va se fixer par un long pédicule fibreux à la face antérieure du diaphragme; enfin, le poumon n'a pour ainsi dire pas d'échancrure sur les côtés, de telle sorte que le cœur, lorsqu'il bat, ne frappe directement ni les parois costales, ni le sternum, ni le diaphragme; il

en est à peu près de même dans le chat, la belette et les carnassiers vermiformes.

Ainsi, ce que Harvey (1) avait vu sur le jeune fils du vicomte de Montgommery, ce que Haller avait constaté sur divers animaux, le choc du cœur contre les parois costales, au moment de la systole, est un fait qui ne me paraît plus contestable ; il ne s'agit plus que d'en chercher l'explication.

Les physiologistes qui ont admis la coïncidence de la systole des ventricules avec le choc du cœur sur les parois thoraciques, ont souvent donné des raisons fausses ou incomplètes de ce phénomène. Aussi, ceux qui ont prétendu que le choc, au lieu d'avoir lieu lors de la systole, s'opérait au moment de la diastole, ont-ils cru trouver, dans l'insuffisance de l'explication, un argument décisif en faveur de la théorie opposée, comme si la fausseté de l'interprétation impliquait la fausseté du fait? Ils n'ont pas semblé s'apercevoir que la réalité du choc, au moment de la systole, pouvait subsister lors même que toutes les raisons que l'on a pu en donner seraient illusoires.

Sénac et Hunter avaient attribué le choc du cœur, dans la systole, au redressement que l'aorte et l'artère pulmonaire éprouveraient sous l'influence de l'impulsion du sang qu'elles reçoivent à ce moment. Le premier avait ajouté à la réaction de ces vaisseaux une cause accessoire résultant de la réplétion des oreillettes qui, comprises entre la colonne dorsale et la masse des ventricules, contribueraient à pousser celle-ci vers le sternum, et en cela il avait trouvé dans Haller un partisan que sa théorie ne méritait guère. Or, on a nié que l'aorte et l'artère pulmonaire puissent se redresser, et même qu'elles aient de la tendance à se redresser, et par conséquent à réagir sur le cœur lorsque celui-ci lance le sang dans leur intérieur, mais personne n'a prouvé péremptoirement cette négation. On a peu insisté sur l'effort mécanique que les oreillettes distendues opéreraient sur la base des ventricules, car elles sont enfermées dans le péricarde et s'appuient en haut sur le poumon au lieu de s'appuyer sur la colonne vertébrale. Pourtant il est facile de démontrer que le redressement de l'aorte et de l'artère pulmonaire n'est point la cause du choc du cœur, car, si sur un chien ou sur un cheval, dont la poitrine est ouverte, on fixe avec des pinces de force suffisante la base des deux artères, comme j'ai eu le premier l'idée de le faire, on voit que le déplacement du cœur continue à s'effectuer avec ses caractères ordinaires, et il continue régulièrement, soit que les artères interceptent le passage du sang, soit qu'elles laissent ce passage parfaitement libre. Le redressement des artères à leur origine, à supposer qu'il soit réel, n'est donc point la cause du choc du cœur sur les parois de la poitrine.

L'impulsion communiquée au sang qui passe dans les ventricules, lors de la contraction des oreillettes, n'est pas non plus la cause de ce choc, car l'impulsion que les oreillettes impriment au sang qu'elles versent dans les cavités ventriculaires est incomparablement moins énergique que celle donnée par les ventricules au sang chassé dans l'aorte et l'artère pulmonaire. En examinant le cœur dans les derniers moments de la vie, alors que les ventricules se contractent moins souvent que les oreillettes, on voit se succéder une, deux et même trois systoles auriculaires, la masse des ventricules restant parfaitement immobile. D'ailleurs, en admettant que

(1) *Exercitationes de generatione animalium.* Lugd. Batav., 1737, p. 208, 209, 210.

la contraction des oreillettes soit une des causes du choc des ventricules sur les parois thoraciques, il faudrait admettre que le choc se produit au moment de la diastole ou du relâchement de ces derniers, ce qui est contraire à l'observation.

Le choc ne dépend pas davantage du recul que le cœur éprouverait par suite de la diminution subite de la pression des liquides du côté de sa base, au moment où le sang est lancé dans les artères. Le recul d'une ampoule de caoutchouc, dès que le liquide qu'elle contient s'échappe par un petit orifice brusquement ouvert à l'une de ses extrémités, ne prouve absolument rien en ce qui concerne la locomotion du cœur. Il n'y a pas la moindre analogie fondée entre le cœur qui se vide et cette ampoule, ou avec l'éolipyle des physiciens. D'une part, ce n'est pas au moment du recul que le cœur bat, car le recul a lieu au moment de la diastole ; d'autre part, ce recul n'est nullement le résultat de la diminution de pression éprouvée à l'extrémité supérieure du cœur, car le cœur recule, bien qu'il ne chasse presque rien ou qu'il batte à vide, comme on le voit dans les expériences. Du reste si, comme je l'ai fait, on saisit, à l'aide de fortes pinces, l'aorte et l'artère pulmonaire à leur origine, de manière à intercepter le passage du sang que peuvent lancer les ventricules, le recul du cœur ou l'abaissement de son extrémité libre continue à s'effectuer. Je m'étonne qu'on prenne au sérieux une telle explication, qui a la prétention de régler les mouvements du cœur d'après le déplacement d'une vessie de gomme élastique.

Quelle peut donc être la véritable cause du choc du cœur sur les parois costales ? Cette cause, il faut, avec Borelli (1), la chercher dans le mode de contraction des ventricules, mode subordonné à la disposition de leurs fibres musculaires, et dans les particularités que présentent les connexions et les rapports du cœur avec les organes qui l'environnent. Or, comme il n'y a pas de symétrie, ni dans la forme du cœur, ni dans la proportion de ses parties, ni dans sa direction, ni enfin dans ses rapports, il n'est pas étonnant que ses mouvements manquent de symétrie et qu'ils augmentent sa déviation à gauche pour produire le choc sur les parois costales.

En effet, le cône représenté par la masse des ventricules semble un peu tordu sur lui-même, sa base est irrégulière, son bord antérieur plus long que le postérieur, sa face droite est formée plus par la paroi du ventricule pulmonaire que par celle du ventricule aortique ; sa face gauche, au contraire, est formée bien plus par les parois épaisses du second, que par les parois minces du premier. Le cône est obliquement incliné en deux sens, de manière que son sommet est dirigé à gauche et en arrière ; à droite, un lobe pulmonaire supplémentaire le dévie de la ligne médiane, et l'éloigne des parois costales ; à gauche, dans beaucoup d'animaux, une échancrure du bord inférieur du poumon lui permet de se rapprocher des parois costales correspondantes et même de se mettre en contact avec elles. Supérieurement, l'aorte et l'artère pulmonaire s'échappent à gauche de la base des ventricules, et à droite la masse des oreillettes prend sur le péricarde un large point d'appui, d'autant mieux que lors du choc, c'est-à-dire à l'instant de la systole ventriculaire, les oreillettes sont dilatées, gorgées de sang, comme les sinus de la

(1) *De motu animalium*, pars secunda, prop. 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 53 et suiv.

veine cave antérieure et postérieure également invaginées à droite dans la cavité du péricarde.

Déjà cette inégalité dans l'appui du cœur à sa partie supérieure, la présence du lobe supplémentaire droit limitant le déplacement du cœur de ce côté, et l'échancrure du poumon gauche permettant à la partie inférieure des ventricules de venir toucher la face interne des côtes gauches, expliquent en partie la légère déviation du cœur à gauche pour rendre possible le choc dont nous parlons. Mais la disposition des fibres charnues concourt plus directement encore à produire ce résultat. Des zones auriculo-ventriculaires où elles naissent, elles se portent en divers points sans revenir toutes à ces mêmes zones : elles forment des anses obliques contournées en spirale vers la pointe du cœur, comme si elles devaient la mouvoir de droite à gauche lors de leur contraction. Les fibres antérieures sont plus longues que les postérieures, les gauches plus obliques que les droites; les premières sont toutes dirigées de haut en bas et d'avant en arrière, et les gauches d'arrière en avant; enfin, les fibres de la face gauche paraissent notablement plus nombreuses que celles de la face droite, le ventricule aortique à parois épaisses répondant à une plus grande partie de cette face qu'à celle du côté opposé.

Quelle que puisse être la part de chacune de ces dispositions au déplacement, par suite duquel le cœur frappe les parois thoraciques, il reste actuellement incontestable : 1° Que le choc du cœur sur les parois costales coïncide avec la systole ventriculaire, comme l'ont vu Harvey et Haller, et comme l'admettent la plupart des physiologistes; 2° que ce choc s'opère, notamment dans les solipèdes et les ruminants, par la partie inférieure de la face gauche, de même que par la pointe un peu inclinée sur elle-même de ce côté. Les expériences nombreuses que j'ai faites, en les variant de mille manières, sur nos espèces domestiques, ne me laissent plus d'incertitude à cet égard.

Pourtant depuis Descartes, dont les conceptions physiologiques ont été souvent si malheureuses, l'opinion contraire a eu quelques partisans et en compte encore aujourd'hui de très dévoués; mais celle-ci, faisant abstraction de l'étude attentive des phénomènes de la locomotion du cœur, s'appuie sur des considérations théoriques plus ou moins spécieuses, comme si, en une matière si délicate, le raisonnement pouvait tenir lieu du fait et l'établir plus sûrement que l'observation directe.

Ceux qui soutiennent que le cœur frappe les parois du thorax, lors de son relâchement ou de sa diastole, se fondent principalement sur ce qu'à ce moment la masse des ventricules s'agrandit dans tous les sens, pendant que la pointe s'éloigne de la base; ils veulent que cette masse, devenue molle et flasque, soit projetée passivement sur les parois costales. Pour eux, c'est un non-sens, une absurdité flagrante, que le choc du cœur lors de son resserrement dans tous les sens et du rapprochement opéré entre sa pointe et sa base. A leur avis, c'est se mettre en opposition avec la logique la plus élémentaire que d'accepter un fait d'observation, par la raison qu'il ne se concilie pas avec la théorie. Pour eux, l'expérimentation est sans importance; elle conduit à des illusions; elle trompe les yeux, le tact et l'oreille. Les observations de Harvey, de Haller et de Sénac, ne prouvent rien contre des vues abstraites et plus ou moins rationnelles.

De tels arguments font peu d'honneur à ceux qui les font valoir. Quoi ! il vaut

mieux chercher à établir *à priori* un fait que de le constater directement, il faut rejeter le témoignage des sens, repousser les données de l'observation et des expériences, pour s'en rapporter à des arguties ! on réglera désormais les mouvements du cœur d'après de vagues dissertations sur la disposition de ses fibres musculaires ou d'après le jeu d'une vessie de gomme élastique !

Pour moi, je vois avec peine ces idées défendues à notre époque. Je ne tiens aucun compte de ce qu'un prétendu raisonnement peut établir à cet égard, je ne vois rien d'illogique à accepter le fait du choc du cœur au moment de la systole, car il me semble que la déviation qui produit ce choc se concilie sans difficulté avec le léger raccourcissement de la masse ventriculaire. Du reste, ce fait paraîtrait-il impossible à expliquer, que je l'admettrais sans contestation, une fois parfaitement établi par les expériences.

Les mouvements du cœur s'accompagnent de divers bruits que l'oreille, appliquée directement sur la région cardiaque gauche, distingue assez nettement, surtout chez les grands animaux. Ces bruits sont au nombre de deux. Le premier est sourd, prolongé ; le second est clair, éclatant et un peu plus court, il est suivi d'un moment de repos après lequel les deux bruits recommencent. Leur étude est l'un des points les plus controversés de l'action du cœur.

Le premier bruit coïncide avec le choc du cœur sur les parois thoraciques, c'est-à-dire avec le moment de la systole des ventricules ; il s'entend très bien, l'oreille étant appliquée immédiatement, un peu au-dessus de l'articulation de la sixième côte gauche avec son cartilage de prolongement ; il reste aussi très distinct lorsqu'un solide, tel que le stéthoscope, est placé entre l'oreille et le point que je viens d'indiquer. On peut le percevoir, avec une moindre intensité, dans un certain rayon autour de la région où les ventricules heurtent les parois costales, et à droite dans les parties correspondantes. Son intensité, plus grande chez les animaux maigres, augmente à mesure que la circulation devient plus active ; elle se modifie dans plusieurs circonstances morbides. Sa durée est sensiblement plus considérable que celle du bruit clair.

Celui-ci, qui succède au premier, s'entend à la même région chez les animaux, et perd de son intensité à mesure qu'on s'élève au-dessus du point où s'opère le choc du cœur, il coïncide avec le commencement de la diastole des ventricules, et précède par conséquent l'instant de la systole des oreillettes. Laënnec s'était trompé en le faisant coïncider avec la contraction auriculaire, car celle-ci précède celle des ventricules.

La succession de ces deux bruits est telle qu'une révolution complète du cœur se divise en trois temps inégaux : un premier marqué par le bruit sourd, un second par le bruit clair, et un troisième par le silence qui répond au repos de toutes les parties du cœur.

La cause de ces bruits pourrait se déduire de la coïncidence de chacun d'eux avec un état du cœur si, au moment où ils se développent, il se passait un phénomène simple ; mais il n'en est point ainsi. Lorsque après le silence qui a marqué la fin d'une révolution complète du cœur, le bruit sourd et prolongé se fait entendre, les ventricules se contractent, heurtent les parois costales, et lancent leur contenu dans les artères ; les valvules auriculo-ventriculaires se soulèvent, les valvules

sigmoïdes s'appliquent sur les parois de l'aorte et de l'artère pulmonaire, enfin les oreillettes se dilatent et reçoivent le sang que leur apportent les veines caves et pulmonaires. Lorsque ensuite le bruit clair se produit, les ventricules se relâchent et commencent à recevoir du sang, les valvules tricuspide et mitrale s'abaissent, les valvules sigmoïdes se tendent en travers des orifices artériels pour s'opposer au retour du sang de l'aorte et de l'artère pulmonaire dans les ventricules. Or, on ne sait si chaque bruit dérive de toutes les modifications qui lui correspondent, ou s'il dépend exclusivement de l'une de ces modifications dans l'état du cœur.

Le bruit sourd a été attribué à la contraction des ventricules, au choc de leur extrémité libre sur les parois thoraciques, au frottement des surfaces de ces ventricules au moment où elles se rencontrent, au choc ou au frottement du sang sur leurs parois à l'instant de leur diastole, à la collision moléculaire de ce fluide dans leur intérieur, à la tension, au claquement des valvules auriculo-ventriculaires. De toutes ces causes, il en est deux qui semblent expliquer les bruits d'une manière assez satisfaisante : ce sont les vibrations déterminées, soit par le choc du cœur sur les parois costales, soit par le soulèvement brusque et la tension des valvules.

L'explication du premier bruit par le choc du cœur contre les parois costales, lors de la systole, est donnée par M. Magendie. D'après le savant physiologiste, ce bruit résulte des vibrations qu'éprouvent et le cœur devenu ferme, élastique, et les parois costales à l'instant du choc. Il ne se ferait plus entendre sur le chien dans le décubitus dorsal qui éloigne le cœur du sternum; il cesserait après l'ablation du sternum, l'éloignement momentané du cœur des parois costales. J'ajoute qu'il s'entend à une grande distance, quand on interpose une règle métallique entre le cœur et la sixième côte gauche, et qu'il s'affaiblit si, à la place du corps sonore, on met des disques de drap ou un petit coussin de laine. Cependant, divers expérimentateurs ont constaté que le bruit était rendu sensible par l'intermédiaire du stéthoscope appliqué sur le cœur mis à nu, et même qu'il l'était encore pour l'oreille très rapprochée de cet organe dans de pareilles conditions.

Les vibrations des valvules auriculo-ventriculaires soulevées et tendues par le sang au moment de la systole des ventricules ont été considérées, par M. Rouanet, comme la cause du bruit dont nous parlons, ce qui se concilie parfaitement avec la persistance de ce bruit dès que le cœur est mis dans l'impossibilité de heurter les parois solides du thorax. Mais, à mon sens, ces vibrations n'en sont pas l'unique cause, car les valvules triglochine et mitrale ne se relèvent pas au point de devenir transversales et de fermer complétement les orifices auriculo-ventriculaires. Je crois que toutes les valvules, c'est-à-dire celles des deux orifices auriculo-ventriculaires et celles des deux orifices artériels vibrent à la fois. Les premières se soulèvent autant que le permettent les dimensions de leurs cordages pour réduire le diamètre des ouvertures qu'elles circonscrivent; les secondes, abaissées et tendues sous le poids de la colonne sanguine que la réaction des parois artérielles élastiques refoule vers les ventricules, éprouvent de bas en haut un choc violent de la part du sang que chassent les ventricules dans ces mêmes artères déjà pleines : alors cédant à la plus énergique de ces deux forces opposées, elles se relèvent et viennent s'appliquer sur la paroi interne de l'artère, pour laisser passer l'ondée sanguine lancée avec violence. Du reste, rien n'empêche que ces vibrations valvulaires soient renforcées par

celles qui résultent du choc du cœur contre les parois thoraciques, puisque toutes se produisent alors simultanément.

Le bruit clair, éclatant, bref, qui succède au précédent et qui est suivi du silence marquant le temps de repos du cœur, la fin de sa révolution, a été rapporté, comme le premier, à une foule de causes souvent inconciliables, parce qu'elles ne coïncident point avec le bruit lui-même. Laënnec l'a attribué à la contraction des oreillettes, à laquelle il ne répond pas; M. Magendie l'a fait dépendre du choc de la face antérieure du cœur, retombant sur le sternum lors du relâchement des ventricules; Hope l'a considéré comme le résultat du claquement des valvules sigmoïdes, s'abaissant lors de la diastole ventriculaire pour fermer les orifices artériels et s'opposer à la rétrogradation du sang. M. Bouillaud (1) le fait dériver en partie de l'abaissement des valvules auriculo-ventriculaires; d'autres le regardent comme produit par la percussion du sang sur les parois internes des ventricules au moment où ils se remplissent, à la collision de ses particules et à d'autres circonstances qui ne sont pas susceptibles de donner lieu à des vibrations sonores.

Ce second bruit s'entend chez les animaux au même point que le premier, et devient moins sensible à mesure que l'oreille s'applique à un niveau plus rapproché du lieu où il se produit, parce que là le cœur est séparé des parois costales par une grande épaisseur de poumon. Mais il est parfaitement appréciable à l'origine de l'aorte et de l'artère pulmonaire, quand le cœur est dénudé sur l'animal vivant. M. Cruveilhier l'a constaté dans un cas d'ectopie sur l'espèce humaine, et divers expérimentateurs sur l'âne et le veau.

La cause la plus probable de ce bruit paraît consister dans les vibrations des valvules sigmoïdes placées à l'entrée de l'aorte et de l'artère pulmonaire, valvules qui, au moment de la diastole des ventricules, s'abaissent et se tendent par suite de la réaction élastique des artères et du choc en retour déterminé par la colonne sanguine qui tend à refluer vers les cavités ventriculaires. MM. Hope et Williams ont constaté qu'en effet ce bruit cessait dès qu'on venait à comprimer entre les doigts l'origine de l'aorte et de l'artère pulmonaire, ou à fixer et à maintenir immobiles ces valvules contre les parois vasculaires, à l'aide de pointes métalliques : il redevenait sensible aussitôt que la compression cessait ou que les valvules reprenaient leur liberté normale.

J'ai essayé moi-même de faire cesser ce bruit par la compression des artères aorte et pulmonaire à leur naissance. Pour cela, un aide pénétrait dans la cavité du péricarde par une ouverture faite à la ligne blanche et au diaphragme; il embrassait fortement avec les doigts la base des deux vaisseaux pendant que mon oreille était appliquée sur les parois thoraciques gauches, dans la région cardiaque. A d'autres moments, je lui faisais engager le doigt dans l'un des ventricules, à travers une petite ouverture de l'oreillette, pour mettre obstacle au jeu de l'une des valvules auriculo-ventriculaires et des valvules sigmoïdes d'un orifice artériel; mais comme dans ces conditions plusieurs circonstances apportaient nécessairement des modifications au timbre, à l'intensité et aux autres caractères des deux bruits, il m'a été impossible jusqu'ici de me fixer à cet égard; aussi je n'insiste pas davantage sur les

(1) *Traité clinique et pratique des maladies du cœur*. Paris, 1841.

causes auxquelles ils doivent être attribués, et je passe au mouvement du sang dans les cavités du cœur.

III. Du cours du sang dans les cavités du cœur.

Pendant que s'effectuent la systole et la diastole du cœur, le sang se meut dans les cavités de cet organe. Amené par les veines caves dans l'oreillette droite, il passe dans le ventricule correspondant, d'où il est chassé dans le poumon par l'artère pulmonaire. De l'organe respiratoire, il revient par les veines pulmonaires dans l'oreillette gauche, et de celle-ci il est versé dans le ventricule gauche, qui le distribue par l'aorte à toutes les parties du corps; mais ce mouvement du sang n'a pas lieu par une action successive des quatre cavités cardiaques. Pendant que l'oreillette droite reçoit le sang des veines caves, l'oreillette gauche reçoit celui des veines pulmonaires; pendant que la première verse son contenu dans le ventricule droit, la seconde verse le sien dans le ventricule gauche; enfin, lorsque le ventricule droit lance le sang veineux dans le poumon, le ventricule gauche projette le sang artériel dans toutes les parties du corps. Le sang des cavités droites ne parvient aux cavités gauches qu'après avoir parcouru les vaisseaux pulmonaires ou le trajet de la petite circulation. Le sang des cavités gauches ne peut arriver aux droites qu'après avoir parcouru le cercle des vaisseaux du corps ou le trajet de la circulation générale. Enfin, le sang parti de l'un des deux groupes de cavités ne peut revenir à son point de départ qu'après avoir traversé les deux cercles circulatoires et l'autre groupe de cavités. Les quatre cavités cardiaques vont agir comme deux cœurs distincts : l'un sera le terme de la circulation générale et le commencement de la circulation pulmonaire; l'autre, au contraire, sera la fin de la circulation pulmonaire et le commencement de la circulation générale : le premier sera le cœur du sang veineux; le second celui du sang artériel. Voyons comment ces deux cœurs agissent simultanément, de quelle manière les deux oreillettes se remplissent et se vident, et ensuite de quelle manière se vident et se remplissent à leur tour les deux ventricules.

Les deux oreillettes, dont les parois sont si minces, paraissent susceptibles d'une grande dilatation, si l'on en juge par le volume énorme qu'elles acquièrent dans les injections et par celui qu'elles offrent sur le cœur dénudé, une fois que la circulation devient languissante. La droite reçoit le sang des veines caves, de l'azygos et des coronaires, et la gauche celui des veines pulmonaires dont le nombre est très variable, suivant les animaux. Ce fluide aborde sans difficulté dans leur cavité, obéissant à l'impulsion qui le fait marcher de la circonférence vers le centre, ou des systèmes capillaires vers les gros troncs; il n'y est point attiré, comme plusieurs auteurs le disent, en vertu d'une sorte d'aspiration plus ou moins énergique exercée par l'oreillette au moment de la diastole. Les parois de cette cavité ne se dilatent point d'elles-mêmes; leur dilatation, tout à fait passive, est le résultat de l'effort qu'exercent sur elles de dedans en dehors les ondées sanguines versées par les veines qui viennent d'être indiquées.

Une fois dilatées et pleines de sang les oreillettes se contractent brusquement, d'une manière presque convulsive, mais avec une énergie infiniment moindre que

celle des ventricules. Le sang qu'elles contiennent, pressé de toutes parts, tend à s'échapper par les orifices des veines qui l'ont amené et par l'ouverture très large qui fait communiquer chaque oreillette avec le ventricule correspondant. Ce sang est donc placé entre des tubes déjà pleins, où les fluides sont poussés de la circonférence vers le centre, et une large cavité, à parois flasques, disposée pour les recevoir. Or passera-t-il en totalité dans la cavité du ventricule, ou refluera-t-il en partie dans les veines?

Le contenu des oreillettes paraît pouvoir refluer aisément dans les veines dont les orifices larges ne sont point garnis de replis valvulaires; mais il n'y reflue qu'en faible proportion pour plusieurs causes faciles à constater.

D'abord, en ce qui concerne l'oreillette droite, les deux principaux troncs veineux, celui de la veine cave antérieure et celui de la veine cave postérieure, ont leurs parois musculaires à leur embouchure. La veine cave antérieure, courbée sur elle-même, à concavité inférieure fortement dilatée vers l'oreillette, présente dans son épaisseur une couche musculaire rougeâtre à fibres circulaires, se continuant sans démarcation tranchée avec celles de l'oreillette; elle s'ouvre en haut, presque perpendiculairement au bord supérieur des parois auriculaires. Or, lorsque l'oreillette se contracte, la veine cave supérieure se contracte aussi, comme je l'ai vu souvent chez les chevaux vivants dont j'ouvrais, à droite, le thorax et le péricarde: ses contractions sont brusques, vives et assez énergiques; mais, comme elles ne vont jamais jusqu'à fermer la lumière du vaisseau vers son orifice, elles ne s'opposent pas d'une manière absolue au reflux. La veine cave postérieure, non dilatée et non pourvue de sinus comme la première, a très peu de fibres musculaires dans ses parois et seulement tout près de son insertion, qui a lieu horizontalement à la partie postérieure de l'oreillette droite et au point d'abouchement des veines coronaires: les fibres musculaires de l'oreillette forment seulement dans la moitié externe de sa circonférence un demi-anneau qui la rétrécit au moment de leur systole. Plus loin, la minceur et la transparence de ses parois contrastent singulièrement avec l'épaisseur si considérable de celles du sinus de la veine cave antérieure. Son orifice, pourvu chez l'homme d'une valvule, n'en a pas la moindre trace chez les solipèdes et les ruminants. L'azygos, qui, suivant les espèces, s'ouvre tantôt dans la veine cave antérieure, tantôt directement dans l'oreillette, immédiatement en arrière de celle-ci, comme chez le cheval, a quelques fibres circulaires à sa jonction avec les parois auriculaires, et 1 ou 2 centimètres avant son insertion, deux valvules semi-lunaires minces, dont le bord libre est tourné du côté du cœur. Enfin, les deux veines coronaires qui s'ouvrent isolément ou par un orifice commun près de la veine cave postérieure, portent chacune, vers leur abouchement, deux valvules semi-lunaires, puis d'autres plus loin, de même que dans la plupart des vaisseaux de ce genre.

Dans l'oreillette gauche, les veines pulmonaires, au nombre de quatre, de six ou de huit à leur insertion, ont chacune une petite zone musculaire étroite, qui semble appartenir à l'oreillette, et au delà de laquelle leurs parois deviennent minces et fibreuses; aucun repli valvulaire n'en garnit les orifices, et aucune valvule dans le reste de leur étendue ne s'oppose à la rétrogradation du sang qu'elles contiennent.

Ainsi donc, les principales veines qui s'ouvrent dans les oreillettes, les deux veines caves, les veines pulmonaires, n'ont point de valvules à leur insertion; l'azygos et les coronaires seules en sont pourvues près de leur abouchement; et parmi elles la veine cave antérieure est très musculeuse vers sa terminaison; il faut de toute nécessité que l'obstacle au reflux du sang de l'oreillette dans les veines tienne à d'autres causes : il consiste effectivement surtout dans la résistance opposée par la colonne sanguine qui remplit ces vaisseaux, et qui y marche vers le cœur sous l'influence d'une force continue, qui sera appréciée plus tard. Néanmoins le reflux n'est pas empêché d'une manière absolue. A l'instant de la systole auriculaire, le sang des veines cesse, ou à peu près, d'arriver dans l'oreillette, la colonne liquide qui remplit chacune d'elles est même refoulée vers la circonférence avec une certaine énergie, comme nous le verrons plus tard en étudiant le pouls veineux.

Le sang ne refluant point ou ne refluant que très peu dans les veines, n'a pour issue que l'orifice auriculo-ventriculaire. Celui-ci, extrêmement large et béant dès que l'oreillette se contracte, lui offre un libre passage; les valvules qui le bordent sont abaissées; le sang achève de les appliquer contre les parois du ventricule; enfin le ventricule lui-même est vide et relâché; ses parois molles, déjà légèrement écartées par le sang qui y a coulé dès que la diastole a commencé, arrivent à leur degré extrême d'ampliation.

Les oreillettes, à l'instant de leur systole, versent dans la cavité des ventricules la plus grande partie du sang qu'elles contenaient, mais non la totalité de ce sang, comme le croyaient Haller et plusieurs autres physiologistes de son époque; il est facile de s'assurer qu'elles n'expulsent pas complétement leur contenu, en les palpant à l'extérieur ou en introduisant le petit doigt dans leur intérieur par une ouverture de l'auricule, comme je l'ai dit précédemment. Toutefois ce serait une grave erreur que de croire, avec Hope, Brodie et beaucoup d'observateurs modernes, qu'elles retiennent, leur systole étant achevée, la plus grande partie de leur contenu. Il faut bien se garder de prendre pour l'état normal la distension extrême, l'engouement de ces poches contractiles sur les animaux dont la circulation est languissante, une fois que la poitrine est ouverte et que le cœur est soustrait à la pression du péricarde. C'est probablement cet état d'engouement qui a fait dire à M. Magendie que l'oreillette pouvait quelquefois demeurer constamment pleine de sang, et n'éprouver, au moment de la diastole ventriculaire, qu'un simple resserrement dû à l'élasticité de ses parois.

Le sang que l'oreillette, au moment de la systole, verse dans le ventricule ne suffirait pas à remplir ce ventricule, si déjà celui-ci n'en avait reçu une certaine quantité pendant le temps qui s'est écoulé entre la systole ventriculaire et la systole auriculaire. On sait très bien, en effet, que les oreillettes ont une capacité moindre que celle des ventricules, même lors de leur distension la plus considérable. L'oreillette achève seulement de remplir la cavité ventriculaire et de la porter tout d'un coup au degré de distension que le sang ne lui donnerait point s'il n'y était projeté en vertu d'une force assez énergique.

Les ventricules se remplissent donc en deux fois et à deux périodes distinctes: ils commencent à recevoir du sang dès que leur systole a cessé, c'est-à-dire avant que celle des oreillettes commence, car les ventricules se dilatent avant que les

oreillettes entrent en contraction, puis ils finissent de se remplir lorsque les oreillettes leur lancent leur contenu. La première quantité de sang qu'ils reçoivent y passe d'elle-même, puisque d'une part l'oreillette en est pleine et continue à en recevoir, et que, d'autre part, l'orifice auriculo-ventriculaire est béant; la seconde quantité, la plus considérable des deux, y est poussée par la systole des oreillettes, avec une grande rapidité et une force suffisante pour vaincre la résistance passive opposée par les parois épaisses des ventricules. L'aspiration que les ventricules exerceraient alors sur le sang des oreillettes est purement imaginaire : elle ne peut être admise, dès l'instant que les parois ventriculaires n'ont point une expansion active, telle qu'on l'avait supposé sans preuves.

Dès que les ventricules sont entièrement remplis à la suite de la systole auriculaire, ils se contractent énergiquement et avec une extrême rapidité. Alors, le sang qu'ils contiennent, soumis à une forte pression, tend à s'échapper par les deux ouvertures du ventricule, c'est-à-dire par l'orifice auriculo-ventriculaire, et par l'orifice de l'artère pulmonaire pour le ventricule droit, de même que par celui de l'aorte pour le ventricule gauche. De ces deux orifices, le premier se ferme par la valvule tricuspide à droite et par la valvule mitrale à gauche, et le second est déjà fermé par l'abaissement des trois valvules sigmoïdes : celui-ci seul doit s'ouvrir pour donner issue au sang. Voyons comment les valvules auriculo-ventriculaires se ferment pour mettre obstacle au retour du sang dans l'oreillette, et comment les valvules sigmoïdes s'ouvrent afin de permettre son écoulement dans les artères.

Les valvules placées autour de l'orifice qui fait communiquer chaque oreillette avec le ventricule correspondant, sont admirablement disposées pour laisser un libre passage au sang de la cavité auriculaire dans la cavité ventriculaire, et pour s'opposer, au contraire, au retour du sang de la seconde dans la première. Fixées par leur circonférence à la zone fibreuse des ventricules, elles sont attachées par le bord libre de leurs dentelures et par leur face inférieure à un grand nombre de petits tendons qui naissent sur les parois internes des ventricules ou sur des mamelons coniques, des colonnes plus ou moins détachées et de nature musculaire. Celle du ventricule droit a trois découpures, dont la plus grande est tournée du côté de l'artère pulmonaire, celle du ventricule gauche n'en a que deux, dont l'une, un peu plus étendue que l'autre, regarde l'orifice de l'aorte; néanmoins, chez plusieurs animaux, tels que les solipèdes, il y a entre elles deux languettes très courtes pourvues, comme les premières, de tendons à leur bord libre. Or, au moment de la systole ventriculaire, les divisions de ces valvules se soulèvent et viennent fermer à peu près complétement l'orifice qu'elles bordent, et qui déjà se rétrécit très notablement.

La plupart des physiologistes disent, et M. Magendie affirme formellement, qu'alors les divisions des valvules tricuspide et mitrale s'élèvent et se tendent transversalement jusqu'à devenir perpendiculaires à l'axe du ventricule, mais ils ne donnent ni la preuve, ni l'explication d'un tel mouvement, dont il est du reste assez difficile de se rendre compte en ce qui concerne les divisions qui ne sont point tournées vers les orifices artériels. En effet, on conçoit avec peine comment le sang a de la tendance à s'engager entre les parois du ventricule et les divisions valvulaires qui se trouvent appliquées contre elles, d'autant plus qu'au moment de la systole les fibres musculaires des colonnes sur lesquelles s'implantent les tendons des

valvules se contractent, et semblent devoir tirer la partie libre de ces valvules vers le fond des ventricules au lieu de leur laisser la liberté qui leur est nécessaire pour se relever vers la base des ventricules.

Mais il importe de remarquer, d'une part, que le raccourcissement du cône ventriculaire, lors de la systole, rapproche l'extrémité inférieure des tendons valvulaires du bord libre des valvules, et permet ainsi à ces derniers de s'élever sensiblement. D'autre part, dans ce même moment, la paroi antérieure de chaque ventricule se rapprochant de la postérieure, et la gauche de la droite, les tendons perdent sensiblement de la tension qu'ils avaient lors de la diastole, car, dans le ventricule droit, la grande dentelure qui regarde l'orifice de l'artère pulmonaire se fixe, dans le cheval, le chien, le lion par exemple, par ses cordages et sur le septum et sur la paroi antérieure; dans le ventricule gauche, la dentelure qui répond à l'orifice aortique, est attachée par ses tendons aux deux parois latérales de cette cavité. Aussi ces deux dentelures ont-elles une mobilité que ne possèdent pas, à beaucoup près, celles qui, attachées à leur bord adhérent au septum, y sont encore fixées inférieurement par leurs tendons.

Il résulte de ces dispositions spéciales que, dans chaque ventricule, la découpure qui correspond à l'orifice artériel est la plus mobile, celle qui peut se soulever au plus haut degré, et conséquemment prendre la part principale à l'occlusion de l'orifice auriculo-ventriculaire : c'est aussi ce que l'expérience m'a prouvé très clairement. En engageant le doigt dans l'intérieur du ventricule gauche par une petite ouverture préalablement pratiquée à la pointe de l'oreillette correspondante, on sent parfaitement, sur le cheval, la découpure dont je parle s'élever et se tendre à chaque systole ventriculaire. On reconnaît, par le même moyen, que le jeu des autres découpures est infiniment moins marqué.

Le mouvement des valvules peut, du reste, se reproduire sur un cœur détaché, plein d'eau et suspendu la pointe en bas. Alors, les oreillettes étant enlevées, si l'on vient à insuffler de l'air avec un tube au centre de la masse liquide, les valvules s'élèvent comme des voiles enflées par le vent, et chacune d'elles vient fermer une partie de l'orifice auriculo-ventriculaire. Le même mouvement se produit si l'on projette dans le liquide des petites boules de cire ou de moelle de sureau, ou enfin si l'on comprime circulairement les ventricules dans leur région supérieure. Dans toutes ces circonstances, chaque division des valvules décrit une convexité supérieure très prononcée. Mais il faut bien se rappeler que cela ne représente pas exactement le jeu normal des valvules, car au moment de la systole, l'orifice auriculo-ventriculaire étant notablement rétréci, les valvules doivent se plisser légèrement sur les bords, d'autant que la grande découpure voisine de l'orifice artériel suffit presque à fermer le passage du ventricule dans l'oreillette.

Ainsi, les valvules des ouvertures auriculo-ventriculaires, bien qu'elles ne puissent s'élever de manière à devenir perpendiculaires aux parois des ventricules, ne s'opposent pas moins au reflux du sang du ventricule dans l'oreillette. Quoique minces et presque transparentes, dans un grand nombre d'espèces animales, elles jouissent d'une résistance extrême, nécessaire pour ne point se déchirer sous l'influence de l'impulsion énergique que la systole communique au sang. Leur résistance est d'ailleurs très forte chez certains animaux, tels que le lion, où elles sont

très épaisses ; elle s'accroît dans certaines circonstances par suite d'une épaississement considérable dont elles offrent souvent des exemples.

Le sang pressé par le rapprochement des parois ventriculaires ne pouvant refluer dans l'oreillette d'où il est venu, n'a donc d'autre issue que l'orifice artériel, c'est-à-dire celui de l'artère pulmonaire pour le ventricule droit, et de l'aorte pour le gauche. Mais ce dernier orifice est fermé aussi, depuis le commencement de la diastole précédente, par l'abaissement des valvules sigmoïdes, résultant de la réaction de la colonne sanguine contenue dans ces artères. Comment le sang va-t-il se frayer un passage à travers cet orifice fermé?

Les trois valvules sigmoïdes ou semi-lunaires, placées à l'entrée de chaque orifice artériel, ayant leur bord adhérent tourné vers la cavité du ventricule et leur bord libre du côté de l'artère, sont évidemment disposées pour jouer en sens inverse des valvules mitrale et tricuspide, c'est-à-dire pour s'ouvrir de bas en haut quand le sang est poussé du ventricule dans l'artère. Or, les trois valvules qui, au moment du relâchement du ventricule, avaient été abaissées par la pression de la colonne sanguine des vaisseaux, se soulèvent au moment de la systole par l'action du sang que le ventricule chasse avec une force considérable ; elles se rapprochent des parois de l'artère et viennent ensuite, par leur bord libre, se mettre en contact avec elles. Ainsi devient libre le passage par lequel le sang s'échappe de la cavité ventriculaire.

Il ne faudrait pas croire que lors de la systole, tout le sang du ventricule s'échappe à travers l'orifice artériel devenu béant. Une petite fraction de ce liquide rétrograde vers la cavité de l'oreillette : c'est celle qui se trouvait au-dessus des valvules tricuspide et mitrale pendant que ces valvules se sont soulevées, mais il est impossible de dire quelle est la proportion de liquide que les replis valvulaires ont entraîné à leur face supérieure. Les assertions des physiologistes ne nous apprennent rien à cet égard.

Quant à la question de savoir si les ventricules, au moment de la systole, se débarrassent complétement de leur contenu, elle n'a guère été résolue jusqu'ici que d'après des vues purement spéculatives ou des faits observés sur les vertébrés à sang froid. Haller pensait que tout le sang de ces cavités en était évacué à chaque systole, et il croyait même que la diastole ne pouvait avoir lieu qu'à la condition d'une évacuation complète ; du reste il avait vu s'accomplir ainsi le phénomène sur le cœur presque transparent du poulet pendant la vie embryonnaire, et sur celui des batraciens à l'âge adulte. Malgré l'imposante autorité de cet illustre observateur, je ne crois pas que les ventricules se vident totalement dans les circonstances ordinaires. D'abord j'ai remarqué bien des fois que le cœur de la grenouille et du crapaud, de même que celui de la couleuvre, ne se vide point totalement et à beaucoup près à chaque systole. L'expulsion complète de son contenu n'arrive guère que sur les animaux qui, par suite de mutilations graves, ont éprouvé des pertes sanguines considérables, ou sur le cœur détaché et adhérent seulement à une partie des gros vaisseaux. Ensuite je me suis assuré en engageant le doigt dans un ventricule, à travers une petite ouverture faite à l'oreillette que, même sur les chevaux dont la respiration se faisait bien et dont la circulation était à peine accélérée, le ventricule ne revenait pas exactement sur lui-même de manière à occlure sa cavité. Enfin, sur

les animaux dont on a excisé la pointe du cœur, on voit le sang sortir par la petite ouverture d'une manière continue, ce qui n'arriverait pas si, à la fin de chaque systole, tout le contenu des ventricules était expulsé par les orifices artériels. Mais la quantité de sang que la systole ne chasse pas dans les artères est peu considérable ; elle devient plus grande à mesure que la circulation éprouve plus de gêne et que l'action du cœur s'affaiblit davantage : aussi ceux qui ont fait leurs observations sur des animaux expirants n'ont pu juger sainement la question.

Pendant que le sang traverse les cavités du cœur, qu'il passe des veines dans les oreillettes, des oreillettes dans les ventricules, et de ceux-ci dans les artères, il y éprouve une agitation et un mélange intime de ses diverses parties. La magnifique disposition anfractueuse des oreillettes et des ventricules, si variée suivant les espèces, les colonnes charnues simples divisées et réticulées, si nombreuses surtout chez le chat et le lion, doivent, comme le pensait Boerhaave, prendre une grande part à la mixtion du sang hétérogène provenant des diverses parties du corps et du sang avec le chyle et la lymphe. Cependant, si l'on conçoit bien leur utilité dans les cavités droites, on ne s'explique pas aussi bien celle qu'elles peuvent avoir dans les cavités gauches où les veines pulmonaires amènent le sang hématosé et devenu homogène dans l'appareil respiratoire. On peut se faire une idée de cette agitation du sang dans les cavités du cœur en y insufflant, comme le conseille M. Magendie, une certaine quantité d'air par la veine jugulaire, lequel forme peu après à l'intérieur de cet organe une écume rougeâtre à bulles très fines. Dans d'autres circonstances, comme à la suite d'une transfusion faite sans soins, il arrive que la fibrine battue dans les cavités du cœur s'attache aux tendons des valvules et aux colonnes charnues sous forme de filaments très déliés et rassemblés souvent en masses considérables.

IV. De la nature des mouvements du cœur.

L'organe central de la circulation se meut d'une manière incessante suivant le rhythme qui maintenant nous est connu ; il se meut dès les premiers temps de la vie embryonnaire et règle dès lors le cours du sang ; il n'interrompt jamais son action pendant toute la durée de la vie et la prolonge même pendant un certain temps lorsqu'il vient à être séparé du reste de l'organisme. Ce sont les caractères intimes et la nature de cette admirable action qu'il faut examiner.

Le cœur, que l'on a souvent défini un muscle creux, jouit de la plupart des propriétés communes à tous les autres muscles ; mais son rôle spécial en fait un organe musculaire à part, régi par des influences plus nombreuses et infiniment plus complexes que celles dont dépend l'action de la généralité des muscles de la vie animale ou de la vie organique. Sa sensibilité, son excitabilité et sa motricité ont des caractères spéciaux qui n'appartiennent à aucun autre organe contractile.

Le cœur si impressionnable, si prompt à s'affecter de toutes les sensations vives de l'économie et à éprouver le contre-coup de la plupart des troubles qui se produisent en dehors de lui, le cœur n'est cependant pas doué d'une sensibilité exquise : il paraît même à peine sensible à l'action des irritants de diverse nature. Harvey avait déjà reconnu la presque insensibilité du cœur humain, car il avait pu

toucher celui d'un malade, à travers une ouverture de la poitrine, sans que ce malade s'en aperçût. Il en est de même pour les animaux. Cet organe est à peu près insensible à sa surface externe, à sa face interne et dans l'épaisseur de son tissu, comme le prouvent les expériences les plus variées. J'ai fait une ouverture de trépan, au sternum, ou à une des côtes correspondant à la région cardiaque et lorsque l'animal est redevenu parfaitement calme, j'ai touché le cœur avec le doigt ou avec une petite tige, sans que l'animal parût s'apercevoir du contact du corps étranger. Après avoir fait à la ligne blanche et au diaphragme une ouverture propre à donner passage à la main, j'ai palpé successivement le cœur au niveau des oreillettes et des ventricules, d'abord en dehors du péricarde, puis à l'intérieur de cette enveloppe, je l'ai pincé en divers points, piqué dans tous les sens, lacéré en plusieurs points, sans provoquer une douleur manifeste. Mon doigt s'est promené à l'intérieur des ventricules et des oreillettes, a pressé les colonnes charnues, les tendons des valvules, les valvules elles-mêmes aux orifices auriculo-ventriculaires et artériels, sans donner lieu à une sensation évidente. J'ai fait descendre dans les cavités droites de l'organe, par la veine jugulaire, des balles de plomb, des billes de marbre, de petites boules de verre; j'y ai fait parvenir, par la même voie, des sondes très lisses, des tiges souples d'osier munies d'un petit renflement à leur extrémité, sans que l'animal parût en être affecté, une fois que ces corps étrangers parvenaient à leur destination.

Ces irritations diverses qui n'éveillent point la sensibilité du cœur, ne modifient pas non plus, du moins d'une manière marquée, la rapidité, l'énergie et les autres caractères de ses mouvements. On voit après avoir appliqué la main sur le cœur, que le nombre de ses contractions reste à peu près le même qu'après le moment où le diaphragme a été percé d'une petite ouverture. Si, plus tard, ces mouvements se précipitent, c'est consécutivement aux troubles apportés à la respiration et à la circulation générale. Mais il est à remarquer que la compression du cœur, pourvu qu'elle dure quelques secondes, a pour résultat d'accélérer ses battements dans une proportion assez considérable; ce qui s'explique par la gêne que la compression apporte à l'abord et au cours du sang dans les cavités cardiaques.

De ce que le cœur n'est pas, ou n'est que très peu sensible à l'action des stimulants extérieurs, il ne faut pas lui supposer une insensibilité absolue. Cet organe a, comme beaucoup d'autres, une sensibilité spéciale qui est mise en jeu seulement sous l'influence de certains stimulants : une sensibilité analogue à celle des organes muqueux ou cutanés ne lui servirait à rien, puisqu'il n'est point destiné à se mettre en rapport avec des agents extérieurs. Comme le cœur est affecté d'une foule de modifications qui surviennent dans l'organisme, et qu'il ne peut les éprouver que par l'intermédiaire du système nerveux, il faut de toute nécessité que son action soit dépendante de ce système.

Haller et les partisans de l'irritabilité avaient cru, cependant, que cette action ne dérivait point de l'influence nerveuse. L'illustre physiologiste avait vu le cœur battre après la décapitation, l'ablation de l'encéphale, la destruction de la moelle, la section des nerfs vagues; il avait vu, comme Galien, les battements continuer avec leur rhythme ordinaire sur le cœur arraché de la poitrine d'un animal vivant. L'irritation du cerveau, de la moelle épinière, des pneumogastriques, des nerfs cardiaques, soit

par les moyens habituels, soit par l'électricité, ne lui avait montré ni une accélération de ses mouvements, ni leur réapparition, une fois qu'ils avaient cessé. D'après ces idées, le cœur pour agir n'avait besoin que d'un stimulant : le sang apporté dans les oreillettes excitait leur contraction, puis, ce sang, versé dans les ventricules, provoquait de même leur systole; l'expulsion du stimulus permettait la diastole ou le relâchement qui appelait une nouvelle quantité de sang et une nouvelle contraction. Les faits que la science a acquis depuis l'époque de Haller, et une interprétation plus rationnelle de ceux qu'elle possédait alors, nous permettent de mieux reconnaître la nature de l'intervention nerveuse dans les mouvements du cœur et d'en déterminer les limites avec plus d'exactitude.

D'abord le cœur tire-t-il de l'encéphale ou de l'une de ses parties le principe excitateur et régulateur de ses mouvements? Une foule de faits et de données expérimentales résolvent cette question par la négative.

Les fœtus anencéphales se développent régulièrement, et le cœur règle leur circulation, de même que dans les circonstances ordinaires; les animaux auxquels on a détruit le cerveau et le cervelet survivent très longtemps à cette mutilation, comme nous l'avons vu en étudiant les fonctions du système nerveux. Enfin ceux que l'on a privés de la totalité de l'encéphale, c'est-à-dire du cerveau, du cervelet et de la moelle allongée ne meurent pas immédiatement; la circulation continue à s'effectuer chez eux pendant un temps assez long, quoique la respiration soit suspendue, et elle persiste davantage si l'on établit une respiration artificielle. Cependant Budge, se basant sur la suspension des mouvements du cœur et sur la paralysie de cet organe par l'action d'un courant électrique à travers le bulbe rachidien, a donné ce bulbe comme la source de l'activité si remarquable du cœur; son opinion tombe d'elle-même devant les résultats, soit de la décapitation, soit de la section combinée de la moelle au niveau de l'occipital et des pneumogastriques, opérations qui détruisent les rapports entre l'encéphale et l'organe central de la circulation. Les faits suivants démontrent clairement que les contractions du cœur ne sont point sous la dépendance immédiate de l'encéphale.

A un premier cheval je fis la section de la moelle allongée au niveau des condyles de l'occipital, aussitôt l'animal tomba; les mouvements respiratoires et les mouvements généraux cessèrent sur-le-champ. J'établis une respiration artificielle à l'aide d'un gros soufflet adapté à la trachée. Quinze minutes après la section il y avait 42 battements du cœur par minute; le sang jaillissait encore avec force par un petit tube fixé à l'artère carotide. A la trentième minute les pulsations étaient encore appréciables, quoique très affaiblies; elles ne cessèrent de se faire sentir que vers la cinquantième minute qui suivit la section de la moelle.

A un second cheval je pratiquai à la fois la section de la moelle au niveau de l'occipital et la section des deux pneumogastriques et des deux filets cervicaux du grand sympathique, afin de supprimer toutes les grandes communications entre le cerveau et le cœur, puis j'établis une respiration artificielle. Les battements du cœur continuèrent à s'effectuer pendant les vingt-quatre minutes que l'animal survécut à cette section combinée et à entretenir la circulation, comme le montrait le jet de sang qui s'échappait par saccades d'un petit tube adapté à la carotide.

Sur un troisième cheval, pour isoler complétement le cœur de l'encéphale, je

éparai la tête du tronc, après avoir lié les deux carotides vers le milieu de l'enco-ure. Le thorax ouvert quelques instants après la décapitation laissa en évidence les nouvements du cœur. Ceux-ci paraissaient très forts et au nombre de 80 à 82 pen-ant les dix premières minutes. Les contractions des ventricules se continuèrent usqu'à la seizième minute, et celles des oreillettes jusqu'à la trentre-quatrième, en onservant une force et une fréquence assez considérables; elles étaient encore ppréciables à la soixante-huitième minute.

J'ai de même décapité un grand nombre de jeunes chiens et de jeunes chats nés epuis un, deux, trois ou quatre jours. Les battements du cœur ont persisté de ne heure et quart jusqu'à trois heures et demie après l'opération. Ils ont continué ans les mêmes conditions trois heures et quart dans la couleuvre, quatre heures ur le barbillon, trente-deux heures sur la salamandre et de trente à trente-six heures ur la grenouille. Le tableau suivant donne pour les espèces que je viens de nommer ne idée de la persistance de ces mouvements et de leur nombre aux divers mo-ents qui suivent la décapitation.

N°s d'ordre.	ANIMAUX.	AGE des animaux.	DURÉE des battements du cœur.		MOMENT où le cœur est mis à découvert.	OBSERVATIONS.
			Heures.	Minutes.		
1	Cheval.	adulte.	1	1	2e minute.	
2	Ane.	adulte.	1	0	18e minute.	
3	Chien.	adulte.	»	6	5e minute.	
4	Chien.	adulte.	»	12	8e minute.	
5	Chat.	adulte.	»	22	5e minute.	
6	Chien.	1 an.	»	32	7e minute.	
7	Chat.	3 mois.	»	25	10e minute.	
8	Chien.	3 jours.	1	30	23e minute.	
9	Chien.	3 jours.	3	»	15e minute.	
10	Chien.	3 jours.	»	40	4e minute.	
11	Chien.	3 jours.	2	30	35e minute.	
12	Chien.	3 jours.	3	40	35e minute.	
13	Chien.	1 jour.	2	»	3e minute.	
14	Chat.	1 jour.	3	15	20e minute.	
15	Souris.	très jeune.	»	22	6e minute.	
16	Souris.	très jeune.	»	31	10e minute.	
17	Souris.	très jeune.	»	20	6e minute.	
18	Couleuvre.	adulte.	3	17	14e minute.	
19	Grenouille.	adulte.	34	»	5e minute.	
20	Grenouille.	adulte.	36	»	3e heure.	

Ce n'est donc, ni de l'encéphale en masse, ni de l'une de ses parties que dérive 'activité du cœur, puisque cet organe continue à se contracter, avec son rhythme abituel et avec assez d'énergie pour entretenir la circulation, quand l'encéphale est létruit ou complétement isolé du corps par la décapitation. Cependant ce serait une grave erreur de croire que cette partie des centres nerveux est sans influence sur l'organe central de la circulation. L'affaiblissement des contractions cardiaques, leur intermittence à la suite de la décapitation, leur accélération si fréquente et si subite par le fait de la frayeur, des émotions diverses suffisent à mettre en évidence

cette intervention ; mais enfin l'encéphale ne donne au cœur qu'une partie de l'activité dont jouit ce dernier : le reste émane d'une autre source.

Cheval adulte. (n° 1 du tableau précédent).		Ane adulte (n° 2 du tableau précédent).		Chien d'un jour (n° 13 du tableau précédent).		Chat d'un jour (n° 14 du tableau précédent.		Couleuvre (n° 18 du tableau précédent).		Grenouille (n° 19 du tableau précédent).	
Nombre des minutes de l'expérience	Nombre des contractions du cœur.	Nombre des minutes de l'expérience	Nombre des contractions du cœur.	Nombre des minutes de l'expérience	Nombre des contractions du cœur.	Nombre des minutes de l'expérience	Nombre des contractions du cœur.	Nombre des minutes de l'expérience	Nombre des contractions du cœur.	Nombre de minutes de l'expérience	Nombre des contractions du cœur.
7'	82	2'	126	32'	17	66'	7	15'	77	5'	45
9	80	4	63	37	16	68	3	16	80	20	44
15	25	6	67	42	24	69	9	21	67	60	42
31	20	11	18	47	21	70	7	26	59	85	41
35	19	24	28	52	19	71	13	27	47	120	37
»	»	26	12	57	11	72	10	32	48	180	26
»	»	27	28	62	18	73	3	37	30	6 h''	32
»	»	28	25	67	38	74	10	43	24	7	38
»	»	30	10	72	29	75	14	48	21	8	42
»	»	32	8	82	27	»	»	58	20	8 1/2	40
»	»	36	27	87	22	»	»	63	17	9	42
»	»	38	28	92	27	»	»	68	4	10	39
»	»	39	64	97	20	»	»	73	6	22	39
»	»	42	20	102	13	»	»	78	4	30	4
»	»	44	11	107	19	»	»	138	2	31	7
»	»	46	20	112	15	»	»	»	»	»	»
»	»	49	18	117	11	»	»	»	»	»	»
»	»	60	2	»	»	»	»	»	»	»	»

Legallois (1), se basant sur des expériences devenues célèbres, avait cru trouver le principe de cette activité dans la moelle épinière. Cet habile physiologiste ayant observé : 1° que la destruction d'une portion de la moelle affaiblit beaucoup la circulation ; 2° qu'elle ne tarde pas à devenir mortelle et enfin que la destruction de la totalité de cette moelle est subitement et constamment mortelle, quels que soient l'espèce et l'âge des animaux, conclut que le cœur emprunte toutes ses forces de tous les points de la moelle épinière, sans exception, et cela par l'intermédiaire des filets du grand sympathique. D'après lui, la destruction complète de la moelle épinière arrête subitement la circulation à tous les âges et chez tous les animaux. Les contractions cardiaques qui subsistent après cette destruction sont pour lui des mouvements sans force, analogues aux mouvements des autres muscles après la mort. Or, Legallois se trompe. Au lieu de détruire tout d'abord la moelle épinière sur toute sa longueur, il la coupe à l'occiput, étudie les effets de cette première opération, puis il décapite ses lapins âgés de un jour, de dix jours, de vingt jours, et enfin ce n'est qu'après vingt, trente, cinquante minutes même, qu'il détruit le cordon rachidien sur les animaux dont les mouvements du cœur sont déjà extrêmement affaiblis. Sa méthode très défectueuse, à mon sens, le conduit à des déductions erronées et illusoires.

D'une part il est inexact que la destruction totale de la moelle épinière détermine

(1) *Expériences sur le principe de la vie*, p. 48 à 150.

subitement la mort et arrête sur-le-champ la circulation. Wilson Philipp a constaté qu'après cette mutilation les carotides restaient pleines de sang et battaient avec force pendant un temps assez long. M. Flourens(1) a observé qu'à la suite de cette destruction totale de la moelle, soit seule, soit combinée avec celle de l'encéphale, la circulation s'entretient sur des mammifères et des oiseaux pendant un temps plus ou moins long, suivant l'âge des animaux et suivant qu'on établit ou non une respiration artificielle. Ainsi sur un lapin adulte, la moelle épinière, la moelle allongée et la masse cérébrale furent successivement détruites d'arrière en avant et l'insufflation établie ; les carotides battaient encore avec force au bout d'une heure, et l'artère crurale ouverte laissait échapper par jets un sang vermeil. Sur un petit chien de sept à huit jours, les lobes cérébraux, le cervelet, la moelle allongée furent enlevés et la moelle épinière détruite à l'aide d'un stylet d'acier et la circulation persista pendant quarante minutes après cette opération. Sur de petits chiens et de petits chats qui venaient de naître, la destruction complète du système cérébro-spinal laissa persister la circulation de une heure à une heure et demie ; enfin les mêmes résultats furent obtenus sur des cochons d'Inde, des poules, des canards et des pigeons, avec quelques légères variations relatives à l'âge et à l'espèce des animaux.

Les expériences que j'ai faites sur de jeunes animaux m'ont conduit à des résultats semblables aux précédents. La destruction de la moelle épinière seule ou la destruction de cette moelle avec celle de l'encéphale a laissé persister la circulation pendant un temps assez considérable ; les artères ont continué à battre très sensiblement, et à laisser écouler du sang par jets saccadés dès qu'elles étaient ouvertes ; enfin lorsque le cœur cessait d'entretenir le cours du sang dans les vaisseaux, il exécutait encore des contractions dont la durée a été souvent de plusieurs heures. Un petit chien âgé de trois jours fut décapité après ligature préalable des carotides afin de prévenir une abondante hémorrhagie, puis la moelle épinière fut aussitôt détruite avec un long stylet d'acier. Les artères continuèrent à battre ; la poitrine ouverte au bout d'un quart d'heure laissa voir les battements du cœur qui conservèrent assez de force jusque vers la trentième minute. A ce moment, les contractions des ventricules cessèrent, mais celles des oreillettes persistèrent pendant trois heures vingt et une minutes. Sur un chien de un jour dont la moelle épinière fut détruite de même après la décapitation, les mouvements du cœur durèrent deux heures vingt minutes. Sur un chat du même âge ils ne cessèrent qu'après deux heures neuf minutes, et sur un dernier ils ne s'éteignirent qu'à la fin de la troisième heure.

Ainsi, ce n'est donc ni de l'encéphale, ni de la moelle allongée (qui règle les mouvements respiratoires et donne naissance aux pneumogastriques), ni enfin de la moelle épinière, que dépendent immédiatement les mouvements du cœur ; cet organe continue à se contracter avec son rhythme normal, et avec assez de force pour entretenir la circulation bien longtemps après la destruction de toutes ces parties centrales du système nerveux. Mais il ne suit pas de là que l'activité du cœur soit indépendante des centres nerveux, car d'une part le principe d'action de tous les

(1) *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux* ; 2e édit. Paris, 1842, p. 214.

organes contractiles dérive plus ou moins immédiatement de ces centres, et d'autre part l'action du cœur se modifie, la circulation s'affaiblit une fois que cette influence est détruite.

En effet, après la destruction de l'encéphale et de la moelle épinière, les mouvements du cœur ne tardent pas à perdre de leur énergie; bientôt ils n'ont plus assez de force pour lancer le sang dans les artères et entretenir la circulation générale; les artères perdent de leur tension, se rétrécissent graduellement et finissent par devenir flasques; plus tard, la systole et la diastole des ventricules sont remplacées par de simples contractions fibrillaires, impuissantes à mouvoir le sang et à déplacer la masse du cœur; enfin les contractions des oreillettes qui survivent longtemps à celles des ventricules, perdent peu à peu de leur énergie première. Sans doute, il y a là complication dans les phénomènes. Les grands foyers de l'activité de tout l'organisme sont éteints; la respiration est complétement suspendue et l'insufflation ne la remplace que très incomplétement; un sang noir circule dans tous les vaisseaux et ne stimule plus suffisamment les organes, ni le cœur lui-même; il y a là, pour me servir des expressions de Bichat, mort par l'encéphale, mort par les poumons et enfin mort par le cœur. Cette complication empêche d'isoler entièrement les effets de l'intervention des centres nerveux, intervention qui s'exerce pour la moelle allongée par les pneumogastriques, et pour la moelle épinière par les nerfs ganglionnaires qui communiquent avec les paires rachidiennes.

Piccolhomini, il y a près de trois siècles, émit l'opinion que le pneumogastrique transmet au cœur le principe d'activité dérivé de l'encéphale. La section de ces nerfs produit sur le cœur deux effets fort remarquables: elle accélère ses mouvements et les affaiblit d'une manière progressive. Leur irritation très vive peut aller jusqu'à suspendre ses mouvements après les avoir ralentis.

L'accélération des battements du cœur à la suite de l'interruption de l'influence des nerfs vagues se produit aussitôt après l'opération, et augmente à mesure que cette influence s'éteint, puis elle atteint bientôt un degré qu'elle ne dépasse plus. Le fait, constaté par Valsalva, par Petit, par Mayer entre autres, est d'autant plus remarquable qu'il coïncide avec un ralentissement considérable des mouvements respiratoires, mais il est très difficile à expliquer. On ne saurait rationnellement l'attribuer à la difficulté que le sang éprouverait à traverser le poumon, puisqu'il arrive avant le développement des troubles de la circulation pulmonaire; il tiendrait plutôt à la nécessité dans laquelle se trouve le cœur de se contracter d'autant plus souvent, qu'à chaque contraction il lance une moindre quantité de sang dans les artères. L'affaiblissement des contractions cardiaques est très prononcé, comme on peut en juger par la faible distension des artères, la petitesse du pouls et l'application de la main à la surface de l'organe, à travers une ouverture faite aux parois abdominales et au diaphragme; il peut de même être apprécié exactement, au moyen du cardiomètre adapté à une artère d'un certain calibre, cardiomètre dans lequel, d'après les observations de M. Bernard, le mercure ne s'élève plus qu'à une faible hauteur. L'affaiblissement des contractions cardiaques me paraît être le résultat le plus important de la section de ces nerfs, et il peut se comprendre en admettant qu'une partie de la force contractile ou du principe de l'activité du cœur, dérive de la moelle allongée et se transmet par l'intermédiaire des nerfs vagues; ceux-

ci, une fois divisés, ne communiquent plus cette partie de force active ; les mouvements cardiaques perdent plus ou moins de leur énergie habituelle.

L'irritation des nerfs vagues faite sur leur tronc ou sur leurs filets cardiaques, n'a paru à Sénac et à Haller produire aucun résultat appréciable ; elle a paru augmenter leur force et leur vitesse dans les expériences de Humboldt, qui appliquait le galvanisme aux filets cardiaques isolés dans une certaine étendue de la substance du cœur. Aujourd'hui il est parfaitement établi, depuis les très intéressantes observations de Budge, qu'un courant galvanique continu, appliqué aux nerfs vagues, ralentit les mouvements du cœur ou en diminue le nombre à mesure que son intensité augmente, et enfin les fait cesser complétement dès qu'il acquiert une certaine intensité. Ainsi, le courant, s'il est d'abord faible, puis augmenté progressivement, réduit les pulsations du cheval, par exemple, à trente, à vingt, à dix, à cinq par minute, et puis les arrête tout à coup et tue l'animal comme nous l'avons vu M. Mandl et moi, en opérant à l'aide de l'appareil de M. Duchenne (de Boulogne). Il est à noter que, dans cette circonstance, le cœur, dont les mouvements se suspendent, n'est point contracté ; il est, au contraire, flasque, relâché et comme paralysé, de même qu'à la suite de la division de la moelle allongée chez les grenouilles, d'après les observations de Poletti. Cet état singulier se remarque aussi sur les animaux que l'on sacrifie par effusion de sang. Je l'ai vu se manifester sur les chevaux dès que surviennent les convulsions qui signalent les approches de la mort : il coïncide avec ces mouvements tétaniques, et se traduit par l'arrêt de l'hémorrhagie, puis il cesse : le cœur se contracte encore pendant quelques instants et l'hémorrhagie réapparaît quoique très affaiblie. La main appliquée sur le cœur permet de constater le relâchement complet de cet organe, qui alors cesse de battre souvent deux à trois minutes avant que l'animal expire. Cette suspension des mouvements du cœur lors de la galvanisation des nerfs vagues, au moment où les convulsions annoncent la fin des hémorrhagies mortelles, et enfin à l'instant de la division de la moelle allongée chez les batraciens, semble indiquer que sous l'influence de ces conditions la puissance nerveuse est paralysée.

Les nerfs ganglionnaires ne doivent plus être considérés comme de simples conducteurs d'une influence émanée des centres nerveux ; ils doivent être regardés à la fois comme servant à transmettre cette première influence, et à développer une action propre, analogue à celle que les nerfs du grand sympathique exercent sur l'intestin, l'utérus et sur la plupart des muscles de la vie organique.

L'irritation de ces nerfs, qui n'avait semblé produire aucun effet sur le cœur dans les expériences de Haller, de Fontana et de Bichat, a déterminé cependant, aux yeux de plusieurs observateurs, des changements sensibles dans le mouvement de cet organe. De Humboldt ayant fixé des armatures aux nerfs du cœur du chien et du renard, immédiatement après que l'organe venait d'être retiré de la poitrine, a vu à chaque contact des métaux les battements devenir plus rapides et plus forts. Burdach, en touchant ces mêmes nerfs avec de la potasse caustique sur des lapins qu'on venait de tuer, a vu de même ces battements s'accélérer d'une manière sensible ; enfin d'autres ont constaté des résultats analogues ; mais il ne faut pas y attacher une grande importance, d'autant qu'après la mort, ces contractions très

irrégulières et de courte durée augmentent ou diminuent de force, s'accélèrent ou se ralentissent souvent sans cause appréciable.

La destruction des ganglions cervicaux inférieurs, desquels émanent les principaux filets des plexus cardiaques, ne détermine pas de troubles graves dans l'action du cœur. Je l'ai faite sur des chevaux, en établissant des fistules au canal thoracique, sans qu'il en soit résulté, du moins dans les premiers moments, d'autres troubles dans la circulation, que ceux qui se manifestent à la suite des souffrances ordinaires de l'opération. Si M. Brachet (1) après avoir excisé ces ganglions et les filets qui en émanent, a vu les mouvements du cœur s'arrêter sur-le-champ, c'est que très probablement il n'avait pas pris les précautions nécessaires pour respecter les pneumogastriques, laisser les plèvres intactes et prévenir l'affaissement du poumon, et par conséquent une mort brusque par asphyxie ; tous accidents faciles à éviter en expérimentant sur les animaux solipèdes. D'ailleurs sur un âne décapité et dont la poitrine était ouverte, l'ablation de ces ganglions et par suite la section de tous les filets cardiaques qui en émanent a laissé subsister les contractions des oreillettes pendant plus d'une demi-heure.

La destruction du ganglion cardiaque, lorsqu'il existe, ne suspend pas plus les battements du cœur. M. Brachet qui les a vus s'arrêter subitement, aussitôt après l'excision de ce ganglion, dont l'existence est d'ailleurs fort contestable, ne s'est point aperçu qu'il tuait ses chiens par le fait de l'affaissement du poumon qui suit l'enlèvement d'une côte et l'ouverture de la plèvre. Mais son erreur n'a trompé que ceux qui, en matière d'expériences, se contentent des résultats bruts, sans s'inquiéter ni de leur appréciation, ni des moyens par lesquels il ont été obtenus.

Enfin l'anéantissement de toutes les connexions du cœur avec les centres nerveux, les ganglions et les nerfs étrangers à sa substance, n'arrête point ses mouvements et ne modifie pas leur rhythme. Le cœur isolé, séparé même des gros vaisseaux et de ses oreillettes, bat encore pendant un certain temps, ainsi que le savaient déjà les anciens, et comme s'il recélait en lui le principe de son activité si remarquable : il agit alors à la manière de l'intestin privé de son mésentère, de l'utérus, extrait de l'abdomen. Les nerfs ramifiés à sa surface, et disséminés dans son tissu, suffisent à entretenir encore ce reste de contractilité.

Ainsi donc les mouvements du cœur survivent à la destruction de chacune des parties de l'encéphale et de l'encéphale en entier ; ils survivent à la destruction de chacune des régions et de la totalité de la moelle épinière ; ils survivent à la destruction simultanée de tout le système cérébro-spinal, à la section des nerfs vagues, à la destruction des ganglions d'où émanent les nerfs cardiaques, et à celle de ces nerfs eux-mêmes en dehors de la substance du cœur. Mais ce serait s'abuser étrangement que de tirer de ces faits extrêmement remarquables, la conclusion que le cœur n'emprunte pas au système nerveux le principe de son activité.

En pesant une à une les données de l'expérimentation, puis en les appréciant collectivement et dans leurs rapports intimes ; enfin, en tenant compte des modifications que les mouvements du cœur éprouvent par l'intermédiaire du système nerveux, dans une foule de circonstances normales ou morbides, on arrive à recon-

(1) *Recherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionnaire*, 2e édit., p. 160.

naître que l'action du cœur, comme celle de tous les organes musculaires, est subordonnée à l'influence nerveuse.

D'abord elle dépend de l'encéphale, et en particulier de la moelle allongée, puisque d'une part les impressions morales modifient la force et la vitesse de ces mouvements et que, d'autre part, l'irritation ou la destruction de ces parties les affaiblit d'une manière sensible.

En second lieu, elle dépend de la moelle épinière, comme le prouve leur affaiblissement lors de la destruction de cette partie du système cérébro-spinal.

En troisième lieu, elle dépend des pneumogastriques qui transmettent au cœur l'influence de l'encéphale, de la moelle allongée et des nerfs ganglionnaires qui, à la fois, lui transmettent l'influence de la moelle épinière, et leur dispensent celle qui peut dériver de leur propre activité.

Cette dépendance est évidente, quoiqu'elle ne soit pas immédiate comme celle du mécanisme respiratoire, par rapport à la moelle allongée et celle des muscles du squelette relativement à la moelle épinière. A mesure qu'elle s'éteint par la destruction successive des centres nerveux et des cordons qui transmettent au cœur l'influence de ceux-ci, les mouvements de cet organe perdent graduellement de leur énergie, la circulation devient de plus en plus languissante et finit par se suspendre.

Quant à établir d'une manière précise l'étendue et les limites de l'influence de chaque partie du système nerveux sur les mouvements du cœur, c'est chose fort difficile sinon impossible, car chaque partie nerveuse ayant une action complexe, exerçant une influence multiple, le physiologiste ne parvient pas à isoler la part afférente au cœur de la part des autres organes régis par les mêmes puissances. Comment, par exemple, l'expérimentateur qui supprime l'action de la moelle allongée, pourrait-il démêler exactement l'effet direct que cette suppression produit sur le cœur, de l'effet indirect qu'elle exerce sur le même organe, en faisant subitement cesser tous les phénomènes respiratoires ? De même comment parviendrait-il en annihilant l'intervention des nerfs vagues, à distinguer nettement les effets que cette opération produit directement sur le cœur, de ceux qu'elle détermine indirectement en troublant la respiration?

Maintenant que nous connaissons l'action du cœur et le cours du sang dans ses cavités, il faut passer à l'étude de l'action des artères, du cours du sang dans ces canaux, ou de la circulation artérielle ?

CHAPITRE XLI.

DU COURS DU SANG DANS LES ARTÈRES.

De chaque ventricule naît une artère dans laquelle est lancé le sang qui doit être distribué à toutes les parties. L'une de ces artères émane du ventricule gauche, va se ramifier dans tout le corps et y porter le sang vermeil; l'autre émane du ventricule droit, va se diviser dans le poumon et y disséminer le sang noir qui

doit y éprouver l'influence de l'air atmosphérique. Dans les deux, le sang se meut simultanément sous l'influence des mêmes causes, et dans les deux aussi son cours ou sa progression y offre les mêmes phénomènes et les mêmes caractères.

I. Des causes du cours du sang dans les artères.

Le sang se meut, dans les artères, du centre vers la périphérie, du cœur vers les parties, ou du tronc vers les branches : son mouvement y résulte de deux forces parfaitement distinctes, l'une propre au cœur, l'autre inhérente aux artères elles-mêmes. La première, qui agit par intermittence, est développée par la contraction des ventricules ; la seconde, qui exerce une action continue, tient à l'élasticité et à l'espèce de contractilité dont jouissent les tuniques artérielles. Considérons en particulier chacune de ces causes de la circulation dans les artères.

Avant que les ventricules du cœur entrent en contraction, les orifices artériels sont fermés. Le sang de l'artère, soumis à la pression des parois vasculaires qui tendent à revenir sur elles-mêmes, a abaissé mécaniquement les trois valvules sigmoïdes ; la colonne sanguine qui faisait effort pour refluer vers le cœur, a étalé les trois replis membraneux qui, en s'imbriquant ou en s'appliquant l'un sur l'autre face à face vers leur partie libre, ont fermé l'orifice. A l'instant de la systole ventriculaire, le sang des grandes cavités cardiaques, comprimé brusquement et avec une très grande force, surmonte la résistance opposée par les valvules qui ferment l'orifice artériel, il les soulève, les écarte et les projette vers la surface interne des parois du tronc artériel, mais il ne les applique pas entièrement sur ces parois, comme on le dit dans tous les ouvrages : par leur moitié inférieure ces soupapes membraneuses se rapprochent du fond des fosses ovalaires qui séparent le milieu de leur bord adhérent de la circonférence du vaisseau, fosses extrêmement larges chez les solipèdes, les ruminants, et creusées dans la substance musculaire des ventricules. Cette force impulsive, que Harvey et Spallanzani regardaient à peu près comme la seule cause de la progression du sang dans les artères, est, pour ainsi dire, instantanée, tant la durée de la systole ventriculaire est courte. Elle doit être très énergique pour soulever les valvules abaissées sous l'effort de la colonne sanguine, et vaincre la tendance du sang à refluer dans le ventricule une fois que l'orifice du vaisseau est devenu libre ; enfin pour chasser dans des canaux déjà pleins, et qu'il faut conséquemment dilater, une certaine quantité de sang. Plus tard nous chercherons à déterminer l'intensité de cette puissance.

La seconde force qui met en mouvement le sang dans les artères dérive de l'élasticité et d'une sorte de contractilité propre aux tuniques de ces vaisseaux.

L'élasticité des artères réside dans leur tunique moyenne très épaisse, formée par du tissu fibreux jaune semblable à celui du ligament cervical des grands mammifères, de la tunique abdominale, des ligaments des ongles des carnassiers. Cette tunique qui, à l'aorte primitive du cheval, a une épaisseur de 6 à 8 millimètres, et une épaisseur considérable dans toutes les autres artères, surtout dans celles des membres à partir du milieu de l'avant-bras et de la jambe, est formée de fibres circulaires dont les caractères physiques, la composition et les propriétés n'ont aucune analogie avec celles du tissu musculaire. Ces fibres, plus ou moins rameuses,

contiennent peu d'eau, sont insolubles dans l'acide acétique, très solubles dans les acides minéraux, et leur solution n'est précipitée ni par l'alcool ni par le cyanure de fer et de potassium. Au contraire, les fibres du tissu musculaire sont solubles dans l'acide acétique, très peu solubles dans les acides et leur dissolution est précipitée par le cyanure.

Par le fait de cette élasticité, les artères constamment distendues par le sang, et plus au moment où le cœur opère sa systole que dans les intervalles, tendent à revenir sur elles-mêmes d'une manière continue : elles exercent sur le sang une pression énergique qui contribue pour une part notable à sa progression. C'est cette élasticité qui fait sortir, avec une certaine force, le sang compris dans un segment d'artère entre deux ligatures; c'est elle qui détermine l'écoulement du sang à travers les blessures artérielles une fois que les mouvements du cœur ont cessé; c'est elle qui, après une interruption brusque du cours du sang dans l'aorte primitive comprimée, fait sortir encore une certaine quantité de ce fluide ; c'est elle enfin qui, après la mort, pousse dans les capillaires et les veines la plus grande partie du sang que contient le système vasculaire et réduit toutes les artères à un diamètre beaucoup moindre qu'à l'état normal. De même, c'est cette élasticité qui réduit le calibre des artères à mesure que, dans les maladies, les battements du cœur perdent de leur énergie, et qui les rapetisse graduellement sur les animaux que l'on tue par des émissions sanguines plus ou moins rapides.

La rétraction que les artères éprouvent par suite de leur élasticité est d'autant plus considérable que ces vaisseaux étaient plus dilatés par le sang : elle arrive bientôt à des limites qu'elle ne dépasse plus ; alors le vaisseau s'il est d'un fort calibre, comme le tronc de l'artère pulmonaire, de l'aorte, dans ses régions thoracique ou abdominale, est aplati d'un côté à l'autre, et il est rétréci circulairement s'il était d'un petit diamètre comme les artères des extrémités. L'aplatissement très prononcé dans l'aorte immédiatement après la mort qui suit une hémorrhagie abondante, cesse une fois que l'air peut s'introduire dans l'intérieur du vaisseau, et que celui-ci revient plus ou moins à sa forme cylindrique.

La contractilité, très obscure dans les artères, y tient à une couche de fibres transversales placée entre la membrane interne et la tunique de tissu élastique. Cette couche, découverte par Henle, est formée par des fibres musculaires, différentes de celles du dartos et analogues aux fibres de l'intestin et à celles qui se voient dans le corps caverneux du cheval. Le resserrement qu'elle peut produire est d'autant plus appréciable et plus étendu que les artères ont un diamètre moins considérable.

La contractilité des vaisseaux artériels a été tour à tour niée et admise, et ses effets, souvent confondus avec ceux de l'élasticité, en ont été rarement bien démêlés. Bichat, qui ne l'admettait point, avait reconnu : 1° que les artères irritées extérieurement ou à leur face interne, à l'aide d'un instrument tranchant, n'éprouvaient aucun resserrement; 2° que ces vaisseaux remplis en quelques points de fluides irritants n'offraient aucun mouvement appréciable; 3° qu'enfin ils ne donnaient, ni pendant la vie ni immédiatement après la mort, le moindre signe de contraction fibrillaire, soit lorsqu'on les dissèque couche par couche, soit lorsqu'on les soumet à l'action d'un courant galvanique. D'autres affirment que le galvanisme, l'action des acides déterminent un resserrement manifeste, et qu'une portion d'artère

pleine de sang et comprise entre deux ligatures se vide plus vite et plus complétement pendant la vie que sur le cadavre. Mais ces derniers arguments ont peu de valeur : les courants électriques sont restés sans effet pour beaucoup d'expérimentateurs; les acides déterminent sur les parois artérielles un racornissement, une sorte de crispation qui a pu être prise pour une véritable contraction ; enfin, si sur l'animal vivant la portion remplie de sang se vide mieux que sur le cadavre, c'est que dans le premier cas l'artère est dilatée, pleine de sang fluide, et revient sur elle-même, en vertu de son élasticité, tandis que dans le second cette artère, qui ne renferme plus qu'un peu de sang souvent coagulé, s'est déjà affaissée et resserrée, autant que le permettait le jeu de son ressort élastique. Les observations de Parry ne sont guère concluantes. La rétraction progressive, ou le décroissement graduel du diamètre de la carotide d'un bélier pendant que l'animal perd son sang et qu'il meurt d'hémorrhagie, est principalement le résultat du retour élastique de l'artère sur elle-même, à mesure qu'elle perd son contenu. Les alternatives de dilatation et de rétraction qu'elle offre parfois avant la mort, tiennent aux variations d'énergie des battements du cœur, et aussi à leur suspension momentanée assez fréquente, d'après mes observations, aux approches de la mort. Enfin la légère expansion qu'elles éprouvent sur le cadavre au bout de douze ou vingt-quatre heures, relativement à ce qu'elles étaient au moment de la mort, peut être attribuée, si tant est qu'elle soit réelle, au développement des gaz ou à la pénétration de l'air dans les vaisseaux pendant les manœuvres des dissections, pénétration qui a pour effet de rendre aux artères affaissées par la pression atmosphérique un diamètre tel que leur élasticité ne soit plus violentée. D'ailleurs les différences portant sur des fractions très minimes de millimètres ne suffisent pas à prouver très nettement une contraction spéciale, d'autant qu'elles peuvent résulter du mode de mensuration et de la traction plus ou moins forte exercée sur le vaisseau pris pour terme de comparaison.

Néanmoins la contractilité tonique des artères ne saurait être niée. Si elle est peu marquée et non susceptible d'être mise en évidence dans les grosses artères, elle devient manifeste sur les petites. Weber a constaté que des artérioles d'un septième à un dix-septième de ligne de diamètre perdent le tiers de ce diamètre sous l'influence d'une irritation galvanique. Schwann a vu qu'en faisant tomber quelques gouttes d'eau froide sur le mésentère du crapaud placé sous le microscope, les petites artères devenaient deux ou trois fois plus petites qu'elles ne l'étaient auparavant; au bout d'un certain temps, elles revenaient peu à peu à leur calibre primitif, puis se resserraient de nouveau sous l'influence d'une nouvelle aspersion. Il y a loin, comme on le voit, entre la contraction de ces artères ténues et la prétendue rétraction observée sur des troncs volumineux.

Ainsi les artères possèdent une contractilité spéciale, très faible, qui n'est pas manifeste dans les plus volumineuses, mais qui devient sensible dans celles d'un petit calibre. Peut-être est-elle mise en jeu, comme le pense Müller, sous l'influence de l'eau froide, qui arrête les hémorrhagies. Peut-être aussi prend-elle part au retrait que les artères éprouvent au moment de la mort. J'ajoute que probablement elle contribue au resserrement, bientôt suivi d'une oblitération, dans le canal artériel et les ombilicales, sur les animaux nouveau-nés.

Les deux forces motrices du sang dans les artères, savoir, la force à action intermittente développée par les contractions du cœur; puis la force continue résultant et de l'élasticité et de la contractilité des artères, impriment à ce fluide un mouvement non interrompu pendant la systole et la diastole du cœur. « Dans le premier temps, ainsi que le dit M. Bérard (1), le sang marche dans les artères, poussé par le cœur, qui resserre ses ventricules: c'est le moment du pouls, c'est le moment où le sang s'échappe par saccades d'une artère ouverte. Dans le second temps, les trois valvules des orifices artériels sont ramenées vers l'axe du vaisseau; c'est le moment où l'écoulement cesse d'être saccadé; c'est l'intervalle d'une pulsation à une autre; le sang marche poussé par la réaction élastique du vaisseau. »

L'intensité de ces deux forces réunies peut être, dans de certaines limites, évaluée par le degré de la pression que le sang éprouve dans les différents points du système artériel. Cette pression elle-même se mesure par la hauteur à laquelle elle fait élever le sang dans un tube adapté à une artère, ou bien par la hauteur de la colonne de mercure à laquelle elle fait équilibre, dans un tube recourbé fixé à une artère par l'une de ses extrémités.

Le premier procédé, dont le second n'est qu'une variante moderne, a été imaginé par Hales (2), et employé avec succès par cet ingénieux expérimentateur. Hales ayant mis à découvert l'artère crurale d'une jument couchée sur le dos, ouvrit ce vaisseau à quelques centimètres au-dessous du pli de l'aine, y introduisit et y fixa un tuyau de cuivre recourbé, auquel était ajusté un tube de verre de 3 mètres de longueur. Aussitôt après, le sang s'éleva dans ce tube, maintenu verticalement, jusqu'à la hauteur de 8 pieds 3 pouces, puis y éprouva des oscillations qui élevaient et abaissaient alternativement son niveau de quelques pouces. Sur un cheval hongre plus vigoureux que la jument, le sang s'éleva dans le tube, fixé de même à l'artère crurale, jusqu'à une hauteur verticale de 9 pieds 8 pouces. Il s'éleva jusqu'à la hauteur de 9 pieds 6 pouces dans ce même tube adapté à la carotide d'une seconde jument. La hauteur de la colonne sanguine fut de 6 pieds 5 pouces pour la carotide d'un mouton, de 4 pieds 2 pouces pour l'artère crurale d'un daim, et de 6 pieds 8 pouces à la crurale et à la carotide de deux chiens. Or en comparant la densité du sang à celle du mercure, on trouve que la plus élevée (9 pieds 8 pouces) répond à une colonne de mercure ayant le diamètre de la première et une hauteur treize fois et demie moins considérable. M. Poiseuille, en se servant d'un tube recourbé en partie rempli de mercure, a vu que, par la pression du sang artériel chez le cheval, la colonne de métal s'élevait à une hauteur de 140 à 182 millimètres: elle arrivait à celle de 141 millimètres chez le chien.

La pression éprouvée par le sang dans les artères n'est donc point la même, à beaucoup près, dans tous les animaux. Elle varie aussi, comme Hales en avait fait la remarque sur le même animal, suivant son degré de vigueur, suivant son état de repos ou d'activité, et la pléthore plus ou moins grande du système vasculaire. Cet habile physicien, dont les travaux sont trop peu connus, avait déjà cherché à apprécier ces variations en ce qui concerne l'état de la respiration et le degré de réplé-

(1) *Cours de physiologie*, t. III, p. 728.
(2) *Hæmastatique* ou *statique des animaux*, trad. par de Sauvages. Paris, 1780, p. 10.

tion des vaisseaux. Pour déterminer les différences dans la pression que le sang des artères éprouve, il mesurait d'abord la hauteur à laquelle parvenait ce fluide dans un tube vertical adapté à une artère, puis il faisait une saignée dont le produit était mesuré, et, après l'évacuation d'une première quantité de sang, il prenait de nouveau la hauteur du sang, faisait une nouvelle saignée et ainsi successivement jusqu'au moment de la mort. En opérant de cette manière, il voyait qu'après chaque émission sanguine la colonne de sang baissait dans le tube, de telle sorte que cette colonne, dans les derniers instants, n'avait plus que 2 pieds et quelques pouces de hauteur. Voici, au reste, dans le tableau suivant, le résultat d'une expérience faite sur une jument âgée de quatorze ans et de force moyenne.

Fig. 78.

EXPÉRIENCES.	SANG ÉCOULÉ après chaque expérience.	HAUTEUR du sang après chaque évac.		EXPÉRIENCES.	SANG ÉCOULÉ après chaque expérience.	HAUTEUR du sang après chaque exp.	
	Pintes anglaises.	Pieds.	Pouces.		Pintes anglaises.	Pieds.	Pouces.
1	0	8	3	14	10 1/2	4	3 1/2
2	1	7	8	15	11	3	8
3	2	7	2	16	11 1/2	3	10
4	3	6	6 1/2	17	12	3	9
5	4	6	10 1/2	18	12 1/2	3	7 1/2
6	5	6	0 1/2	19	13	3	2
7	6	5	5 1/2	20	13 1/2	4	0 1/2
8	7	4	8	21	14	3	9
9	8	3	3	22	14 1/2	3	3
10	8 1/2	3	7 1/2	23	15	3	4 1/2
11	9	3	10	24	15 1/2	3	1
12	9 1/2	3	6 1/2	25	16	2	4
13	10	3	9 1/2				

La pinte anglaise égale à peu près 28,75 pouces cubes.
Le pied anglais est au pied français : : 134 : 144.

J'ai fait aussi sur des chevaux des expériences analogues à celles de Hales. Le tube de verre (fig. 78), long de 2 mètres 1/2, était fixé comme le tube d'un baromètre sur une règle graduée; il s'adaptait inférieurement au moyen d'un anneau de caoutchouc à un ajutage de cuivre à robinet, fixé lui-même à l'artère carotide, dont le bout supérieur était lié pour prévenir l'écoulement du sang provenant des anastomoses supérieures. La hauteur du sang fut prise d'abord avant que l'animal eût perdu aucune partie de ce fluide, puis elle le fut successivement de deux en deux minutes après une évacuation de 2 kilogrammes de sang, pour chacune des mensurations. Le premier cheval, âgé de quatorze ans, du poids de 400 kilogrammes et de vigueur moyenne, donna au début de l'expérience une colonne haute de $2^m,2$, puis, après avoir perdu 22,000 grammes de sang en douze saignées successives, la colonne sanguine ne s'éleva plus qu'à 44 centimètres, après quoi l'animal mourut à la suite d'une nouvelle émission sanguine de 1 000 grammes. Le second cheval, du poids de 486 kilogrammes et du

même âge que le précédent, ne donna qu'une colonne de la hauteur de 1m,91, et nfin une dernière de 41 centimètres dans les derniers moments, après une perte de 9 000 grammes de sang en dix-sept émissions successives. Toutes les hauteurs nt été prises l'animal étant calme, car au moment des efforts et des violentes xpirations, la colonne montait à 20, 30, 40 centimètres au-dessus du niveau u'elle avait sous l'influence du calme. Ces variations ne sont point indiquées dans e tableau suivant, pour éviter des complications.

NUMÉROS des expériences.	1er CHEVAL. 14 ANS. 400 KILOG. QUANTITÉ DE SANG extraite après chaque expérience.	HAUTEUR de la colonne sanguine.	NUMÉROS des expériences.	2e CHEVAL. 13 ANS. 486 KILOG. QUANTITÉ DE SANG extraite après chaque expérience.	HAUTEUR de la colonne sanguine.
	Grammes.	Mètres.		Grammes.	Mètres.
1	0	2,020	1	0	1,910
2	2,000	1,925	2	2,000	1,755
3	4,000	1,850	3	4,000	1,715
4	6,000	1,675	4	6,000	1,695
5	8,000	1,545	5	8,000	1,535
6	10,000	1,350	6	10,000	1,520
7	12,000	1,200	7	12,000	1,200
8	14,000	0,690	8	14,000	1,120
9	16,000	0,660	9	16,000	0,915
10	18,000	0,540	10	18,000	0,825
11	20,000	0,530	11	20,000	0,765
12	21,000	0,500	12	22,000	0,745
13	22,000	0,440	13	24,000	0,725
			14	25,000	0,630
			15	26,000	0,565
			16	27,000	0,480
			17	28,000	0,440
			18	29,000	0,410

Les deux forces qui mettent en mouvement le sang dans les artères ont donc ne intensité telle, qu'elles font équilibre chez le cheval à une colonne de mercure de 140 millimètres, ou à une colonne d'un liquide de densité à peu près emblable à celle de l'eau haute d'environ 2 mètres. Ces deux forces qui, d'après s résultats des recherches de M. Poiseuille, possèdent une intensité uniforme pour outes les artères, quel que soit leur diamètre, ne font plus équilibre à la même olonne liquide une fois que la quantité du sang renfermé dans le système vasculaire diminue; leur effet utile devient de moins en moins considérable à mesure ue les vaisseaux se désemplissent. Alors c'est surtout la réaction des artères qui 'affaiblit, car la puissance avec laquelle elles revenaient sur elles-mêmes diminue i mesure que leur distension décroît; elle devient presque nulle une fois que ces aisseaux sont aussi rétrécis qu'ils peuvent l'être. La force impulsive du cœur seule ubsiste alors, en conservant une certaine énergie, dont on peut du reste se faire une dée par l'intensité des bruits et la violence des contractions de cet organe, jusqu'aux derniers moments de la vie, sur les animaux qui meurent par hémorrhagie.

II. Des caractères du mouvement du sang dans les artères.

La progression du sang dans les artères donne lieu à divers phénomènes particuliers, qui ne se reproduisent point dans la circulation capillaire ni dans celle des veines. Les artères se dilatent et se resserrent alternativement; elles éprouvent un allongement puis un rétrécissement sensible; elles se déplacent dans de certaines limites; le sang qu'elles contiennent y progresse plus vite lors de la systole du cœur que pendant la diastole de cet organe; enfin le cours de ce fluide y est plus ou moins influencé par les flexuosités, les anastomoses et les différents modes de division qu'elles affectent.

Une artère flexueuse, mise à nu, éprouve un mouvement sensible à l'œil et au toucher; une artère quelconque d'un certain calibre, soumise à la pression du doigt, lui communique un très léger choc; ce mouvement ou ce choc constitue le pouls, la pulsation ou le battement des artères.

Lorsque les artères sont droites et modérément tendues suivant le sens de leur longueur, elles n'éprouvent pas de battement sensible à l'œil. Arthaud en a fait la remarque sur les artères du mésentère de divers animaux, et Parry sur la carotide du bélier; les battements apparaissaient dès que l'encolure inclinée donnait de l'incurvation à la carotide et dès que le mésentère, abandonné à lui-même ou légèrement replié, rendait aux divisions de la mésentérique leurs inflexions normales. L'exactitude de cette observation se vérifie aisément sur la carotide du cheval dont l'encolure est longue, et sur les deux grandes artères du côlon replié du même animal. Dans toutes ces circonstances cependant l'artère se dilate et se resserre alternativement; mais sa dilatation et son resserrement alternatifs ne sont pas assez étendus pour devenir appréciables à la vue.

Lorsque le doigt comprime légèrement une artère entre lui et une partie suffisamment résistante, comme un os ou un cartilage, ou bien lorsqu'une artère est faiblement pressée entre deux doigts, elle fait éprouver la sensation d'un choc, qui se répète à des intervalles plus ou moins rapprochés: elle semble se soulever, rebondir et repousser l'organe qui appuie sur elle, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une couche mince de parties molles. La pulsation s'affaiblit à mesure que la pression se réduit presque à rien; elle devient insensible si le contact est assez léger pour ne faire éprouver au vaisseau aucune compression; enfin elle est à peu près nulle si l'artère est pressée entre le doigt et des parties molles qui n'offrent pas une résistance suffisante.

La pulsation ou le battement de l'artère avait été attribué par Galien à une force pulsifique imaginaire propre au cœur, et transmise par les tuniques de ces vaisseaux; il appuyait son opinion sur ce que les parois de l'aorte étant liées autour d'un tuyau de plume introduit dans cette artère les battements cessaient en arrière de la ligature et dans tous les points placés au delà, bien que la circulation n'y fût point interrompue; mais l'expérience de Galien répétée par Vieussens, par M. Flourens, par M. Magendie, n'a point donné le même résultat; les pulsations ont continué à se faire sentir dans les parties situées au delà de la ligature, pourvu que

le sang pût y arriver à travers le tuyau. Harvey reconnut le premier que l'impulsion éprouvée par le sang, sous l'influence des contractions du cœur, était la cause réelle des battements; il vit que la ligature appliquée sur une artère peut y interrompre le cours du sang et y faire cesser le battement dans les parties placées au delà du lien; enfin il eut l'occasion d'observer que, dans un cas où l'aorte était ossifiée, les pulsations n'en continuaient pas moins à se faire sentir dans toutes les artères inférieures à la région ossifiée. L'illustre physiologiste ne s'était point trompé sur la cause du phénomène du battement de l'artère; mais ce phénomène est complexe; il résulte de plusieurs modifications dans l'état des vaisseaux.

D'abord les artères se dilatent et se resserrent alternativement; leur diastole passive est produite par l'impulsion du sang lancé par le cœur, et elle répond conséquemment à la systole des ventricules; leur systole, également passive, tient au retour du vaisseau sur lui-même par le fait de son élasticité, et elle coïncide avec le relâchement des ventricules du cœur. Ces deux mouvements sont proportionnés, par leur étendue, à l'énergie des contractions du cœur; ils sont d'autant plus considérables que ces contractions sont plus puissantes et qu'elles lancent une plus grande quantité de sang dans le système artériel. La dilatation, que Bichat (1) considérait comme étant « presque nulle » dans l'état ordinaire, et que, avant lui, Arthaud avait niée, est effectivement peu prononcée; néanmoins elle l'est assez pour devenir appréciable par le secours de procédés très simples. M. Flourens l'a mise en évidence en entourant l'aorte de plusieurs petits animaux d'anneaux brisés formés d'une lame d'acier extrêmement mince : les deux extrémités de l'anneau, qui se touchaient lors du resserrement de l'artère, s'écartaient l'une de l'autre à chaque pulsation. Cette dilatation est d'ailleurs si légère, que, sans l'aide de moyens de précision, il est difficile de la constater. Je ne l'ai pas vue nettement au tronc de l'artère pulmonaire et de l'aorte des chevaux vivants auxquels j'ai ouvert le thorax et enlevé le péricarde. Je ne l'ai pas sentie d'une manière bien distincte sur ces mêmes artères, en engageant la main dans la poitrine, à travers une ouverture du diaphragme, ni sur l'aorte abdominale et le renflement de la grande mésentérique du cheval. Alors, pour éviter toute illusion, il importe que les doigts ne fassent qu'effleurer légèrement les tissus, sinon le vaisseau déprimé tend à reprendre sa forme sous l'influence de l'effort impulsif du sang, et semble donner la sensation d'une dilatation.

L'artère, en même temps qu'elle se dilate et se resserre, éprouve aussi une élongation et un raccourcissement alternatifs. Un tube de caoutchouc déjà plein d'eau, et fermé à l'une de ses extrémités, s'allonge un peu, tout en se dilatant transversalement, lorsqu'on pousse avec force une nouvelle quantité de liquide dans son intérieur. L'allongement des artères a été exagéré par la plupart des auteurs, d'après ce qu'on a vu dans des circonstances où ces vaisseaux n'ont plus leurs connexions normales. Sans doute, comme l'a vu M. Bérard, l'artère du moignon d'un membre amputé peut alternativement sortir de la plaie et y rentrer, car, à chaque contraction du cœur, le sang, faisant effort sur le point lié, peut le pousser un peu vers la périphérie, si là le vaisseau n'est plus retenu par des adhérences

(1) *Anatomie générale, — Du système vasculaire à sang rouge.*

intimes avec les parties adjacentes. Sans doute aussi, suivant l'observation de M. Flourens, la carotide « mise à nu et dégagée des parties voisines » laisse voir avancer et reculer tour à tour un trait coloré empreint à sa surface. Dans ces conditions anormales, l'élongation est considérable, le déplacement est très marqué, parce que les adhérences qui maintiennent le vaisseau en place sont détruites; mais il n'en est plus de même si l'on examine les artères conservant leurs rapports et leurs moyens d'union. Que l'on considère l'aorte se bifurquant pour former les troncs iliaques à l'entrée du bassin; sa bifurcation ne se rapproche ni ne s'éloigne de la cavité pelvienne. Que l'on implante une longue aiguille sur les vertèbres lombaires au niveau de l'origine, soit de la grande, soit de la petite mésentérique, ou de la circonflexe iliaque, et il sera difficile de noter un déplacement sensible des parties de l'aorte correspondant au point de repère. L'élongation est même à peine marquée dans des artères de grandes dimensions et peu soutenues par les parties adjacentes; elle ne paraît pas très évidente sur les artères du mésentère rendues rectilignes, ou sur celles du gros côlon du cheval, qui ont plus de 1 mètre 1/2 de longueur. On ne voit pas un point donné de ces artères se porter au delà ni revenir en deçà d'une petite tige implantée dans la table sur laquelle on a étalé les intestins avec leurs mésentères. Quelque difficiles à constater qu'ils soient, l'élongation et le raccourcissement alternatifs des artères n'en sont pas moins réels; ils résultent nécessairement de la dilatation et du resserrement de ces vaisseaux: ils ne sont même qu'une dilatation et un resserrement suivant l'axe de ces derniers.

Les artères, en même temps qu'elles éprouvent quelques variations, suivant leur diamètre et leur longueur, se déplacent-elles un peu, subissent-elles une locomotion sensible? Veitbrecht et Bichat ont beaucoup exagéré l'étendue de ce déplacement. Ce dernier regardait la locomotion de l'artère comme la conséquence nécessaire du redressement des courbures opéré par le sang que le cœur pousse à chaque contraction dans le système artériel. Lors de la systole des ventricules, les artères, en se dilatant, éprouvent un déplacement général, et, dans le temps suivant, ces artères, « moins pleines de sang, reviennent un peu sur elles-mêmes, et toutes reprennent la place qu'elles avaient perdue pendant le temps de la locomotion. » La plupart des physiologistes qui ont admis cette locomotion se sont basés sur ce qu'on observe dans les parties flexueuses des artères. Mais ici encore on a conclu de ce qui se passe sur des artères déplacées, privées de leurs adhérences et non soutenues, à ce qui doit avoir lieu dans les conditions diamétralement opposées à celles-là, c'est-à-dire dans les conditions normales. On dit généralement que les courbures artérielles se redressent plus ou moins au moment de chaque pulsation. Le redressement a paru évident à la crosse de l'aorte et en divers points où les artères sont flexueuses. Bichat et depuis lui beaucoup de physiologistes l'ont considéré comme un fait général commun à toutes les courbures artérielles. Sur ce point encore on s'est souvent fait illusion. D'abord le redressement de la crosse de l'aorte, signalé par V. Hunter et par Sénac, n'a pu être constaté, à supposer qu'il soit réel, que sur les animaux dont le thorax était ouvert et le péricarde totalement ou partiellement excisé; or, dans ce cas, le cœur, qui n'est plus soutenu, se rapproche du sternum, par son propre poids, chaque fois qu'il se relâche, et c'est ainsi qu'en vertu d'une sorte de traction exercée sur les gros

aisseaux, il allonge et redresse un peu la courbure de l'aorte primitive. En second eu les artères, auxquelles on fait décrire artificiellement des sinuosités en les raillant et en les déplaçant, après avoir plus ou moins détruit leurs adhérences, ne ndent pas à devenir rectilignes à chaque pulsation; au contraire, leurs courbures eviennent plus prononcées ; elles se forment dans les points où elles n'existent pas les artères ne sont pas tendues, ou si elles sont libres comme celles de l'épiploon. en est de même aux longues artères mésentériques que l'on replie sur elles-ièmes, à une artère coupée en travers, libre dans une certaine étendue, liée auprès e la section et inclinée. C'est ce léger changement dans le degré de l'incurvation ui, à l'artère poplitée de l'homme, met en mouvement la jambe et le pied lors-u'un genou est croisé sur l'autre. Dans les artères normalement flexueuses comme elles des replis épiploïques, le phénomène est très marqué ; il l'est encore à la ca-otide interne du cheval, au-dessus des poches gutturales, mais il est tout à fait nul l'artère spermatique légèrement dégagée de ses enveloppes, sur le trajet du cordon esticulaire. Je n'ai pas vu que, comme l'a noté M. Flourens, les courbures suc-essives et inverses de l'une des artères des sillons de la panse des ruminants se hangeaient alternativement les unes dans les autres.

Cependant un léger redressement des courbures artérielles s'opère quand, ar le fait du pli ou de la courbure même, le calibre du vaisseau est rétréci. Il est peine sensible dans les artères dont les parois sont disposées pour demeurer lexueuses, et surtout lorsque les flexuosités sont maintenues par des adhérences ntimes avec les parties voisines. Du reste, l'allongement que les artères éprou-ent au moment de la pulsation semble exclure l'idée du redressement, car la listance entre le cœur et chaque partie étant fixe, l'artère qui s'étend entre ces leux points doit tendre à se courber, si elle est droite, et à se courber davantage, i elle présente déjà une certaine incurvation.

Le battement des artères est donc un phénomène complexe qui résulte toujours l'une dilatation et d'une élongation de ces vaisseaux, associées souvent à une loco-notion et à une succussion légère, dont on se ferait une fausse idée si on les croyait aussi prononcées, à l'état normal, qu'elles le sont dans les vaisseaux mis à décou-ert, déplacés et privés de leurs adhérences ou de leurs connexions. Ce phénomène, quel que soit le mouvement prédominant parmi ceux qui le produisent, s'appelle le pouls ou la pulsation. Mais le pouls que sent le doigt appliqué sur une artère, à travers les téguments, résulte uniquement de l'effort expansif que le vaisseau, plus ou moins déprimé, fait pour reprendre sa forme cylindrique et opérer sa dilata-tion, effort dû à l'impulsion communiquée au sang par les contractions du cœur.

Ce pouls coïncide avec la systole des ventricules, avec le moment du choc du cœur contre les parois thoraciques. Déjà un auteur ancien, cité par M. Bérard, avait indiqué cette coïncidence, que Harvey reconnut plus tard. Il a lieu en même temps dans toute l'étendue du système artériel, dans les grandes artères comme dans les petites. Néanmoins Veitbrecht a noté que la pulsation des artères très éloignées du cœur était un peu en retard sur celle des artères les plus rapprochées du centre. Divers auteurs ont confirmé cette observation, et ont cherché à évaluer ce retard par des fractions de secondes ; mais c'est là un point peu important sur lequel l'illusion a beaucoup de prise.

Le pouls est fort ou faible, lent ou précipité, régulier ou intermittent, suivant le degré de plénitude du système artériel, l'énergie, la rapidité et les autres caractères des contractions du cœur. Il reflète par une infinité de nuances les nombreuses modifications qu'éprouve l'action du cœur.

Le cours du sang artériel, dont nous venons d'examiner les causes et les caractères sensibles, est-il influencé et modifié par les dispositions si variées que les artères affectent dans leur forme, leur direction, leur mode de division et les anastomoses établies entre elles en plusieurs points de l'économie?

Le mode d'origine et de ramification des artères dans chaque partie du corps, quoique à peu près toujours le même, offre néanmoins un assez grand nombre de variations, qui certainement ne peuvent avoir aucune importance réelle quant à la circulation. Ainsi on ne voit pas ce qui peut résulter de la division d'une carotide en deux branches au lieu de trois, de la présence de deux artères rénales au lieu d'une, de l'origine de la thyroïdienne par un tronc commun avec la laryngienne au lieu d'une émergence isolée. De même il importe peu que l'artère bronchique naisse séparée de l'œsophagienne ou réunie avec elle, que celle-ci parte de l'aorte directement ou d'une intercostale, que la gastrique naisse seule ou réunie à la splénique, la spermatique, en avant ou en arrière de la petite mésentérique, l'ovarienne de l'aorte ou de la mésentérique supérieure, la petite testiculaire de l'aorte, du tronc crural ou de la circonflexe iliaque, l'artère utérine du tronc aortique ou du tronc crural, la prépubienne de l'iliaque externe ou d'une musculaire de la cuisse.

Le mode de ramification des artères, arrivées à un certain degré de ténuité, n'est pas sans quelque influence sur le cours du sang. Ce mode est subordonné à la forme, au volume des organes, à la nature et à la disposition de leurs éléments constitutifs, aux changements de forme, de situation et de dimensions qu'ils sont susceptibles d'éprouver. Ainsi, les artères de l'estomac et de l'intestin se bifurquent avant d'arriver aux courbures par lesquelles elles abordent ces viscères; puis elles se divisent à leur surface, traversent leur tunique contractile et forment un réseau serré à la face externe de la muqueuse avant de pénétrer dans son épaisseur. Les artères cérébrales et rachidiennes se disposent en un magnifique réseau dans la pie-mère avant d'envoyer des ramifications fines dans la pulpe des centres nerveux; la carotide interne forme souvent des réseaux admirables entre les parois du crâne et les méninges; l'artère spermatique décrit un grand nombre de flexuosités avant d'arriver au parenchyme du testicule. Enfin, les artères, avant de devenir capillaires, se subdivisent toujours de la même manière pour un même organe; ce sont des arborisations régulières pour l'intestin grêle, des arborisations à branches sinueuses pour le côlon replié, des treillages dans la pituitaire, des boucles au testicule, des radiations ou des étoiles dans le tissu du foie, etc.

Les flexuosités des artères apparaissent partout où ces organes doivent éprouver des déplacements étendus ou des changements considérables de volume : à la linguale, pour se prêter au mouvement de protraction de la langue; aux labiales, pour se mettre en rapport avec les divers degrés d'ouverture de la bouche; à l'abdominale antérieure, à l'abdominale postérieure, à la circonflexe, pour se mettre en harmonie avec les changements de volume de l'abdomen; à la spermatique, pour

ermettre les migrations du testicule ; à l'ovarienne, à l'utérine, pour rendre faciles ampliation de l'utérus, l'élongation des ligaments larges de ce viscère, aux artères istriques des ruminants, des solipèdes et de la plupart des animaux, dans un but nalogue.

Les anastomoses, c'est-à-dire les communications établies entre diverses artères rovenant d'un même tronc ou de troncs plus ou moins éloignés, ont une influence ès remarquable sur la circulation artérielle ; elles permettent à un organe de recevoir encore du sang lorsque le vaisseau qui lui apporte ce fluide est comprimé ou blitéré ; elles établissent des voies de dérivation qui rendent son cours plus régulier, plus uniforme et facilitent son abord dans les parties où le système vasculaire st moins rempli, et dans celles où la pression de la masse sanguine est diminuée.

Les anastomoses les plus multipliées ont lieu par des divisions collatérales plus ou oins considérables émanées d'artères voisines. Elles sont en nombre presque infini ans les artères destinées aux muscles des différentes parties du corps, entre les eux carotides, entre la thoracique externe et l'interne, entre les deux grandes rtères du côlon replié, les deux gastriques, entre l'artère œsophagienne et les rtères de l'estomac. On en voit un très grand nombre dans les membres au niveau es articulations qu'elles entourent de manière à assurer un libre passage au sang lans toutes les situations où les rayons peuvent se trouver.

D'autres anastomoses sont disposées en arcades comme celles de l'artère duodénale avec la première division que la grande mésentérique envoie à l'intestin grêle, celles des divisions de l'intestin grêle entre elles, de la colique droite avec la olique gauche. Les branches plus ou moins volumineuses qui les forment marchent 'une vers l'autre en décrivant une courbe dont la partie convexe donne naissance à n grand nombre de divisions. Elles font communiquer dans les parois intestinales a cœliaque avec la grande mésentérique, celle-ci avec la petite ; elles établissent ne communication entre la circulation du foie, de la rate, de l'estomac et celle de 'intestin, puis entre celle de l'intestin grêle et celle du cœcum et du côlon. Leur mportance est ici de premier ordre pour régulariser le cours du sang dans des parties successivement vides ou pleines, distendues à divers degrés, inégalement actives, parties dont les éléments sont susceptibles de devenir, sous l'influence de causes nombreuses, le siége de congestions internes, d'inflammations, etc. Par leur ntermédiaire, des parties fort éloignées les unes des autres pourraient recevoir du ang si un certain nombre de ces artères venaient à s'oblitérer. Ainsi, ce fluide arriverait encore à l'iléon, qui est à 20 ou 30 mètres du pylore, pourvu que l'artère luodénale restât libre, toutes les autres étant oblitérées.

Les anastomoses par inosculation ou celles des artères qui, marchant en sens inverse, viennent s'ouvrir à plein canal l'une dans l'autre, diffèrent peu des précédentes et ne sont pas moins nombreuses. L'atloïdienne rétrograde dans laquelle le ang circule de la partie supérieure de l'encolure vers l'inférieure et la vertébrale lans laquelle il marche de bas en haut ; l'abdominale antérieure qui charrie ce fluide d'avant en arrière et l'abdominale postérieure qui le transporte d'arrière en avant ; les intercostales où il va de haut en bas et les branches de l'asternale où il va de bas en haut ; les collatérales internes du coude avec une division de la radiale postérieure, la communicante de Willis avec la cérébrale postérieure, l'épiploïque gauche avec

l'épiploïque droite, une branche de la fémoro-poplitée avec une division rétrograde de la tibiale postérieure, nous en donnent des exemples.

Les anastomoses par convergence dans lesquelles deux artères qui portent le sang suivant la même direction, viennent à se réunir en une seule, sont plus rares. Les deux artères palatines se joignent ainsi pour franchir le trou incisif et se séparent ensuite, les cérébrales antérieures pour former la mésolobaire, les divisions de l'occipitale pour donner naissance à l'artère impaire de la moelle épinière.

Enfin, les artères forment quelquefois entre elles des anastomoses fort compliquées comme aux réseaux admirables des artères cérébrales des ruminants, à ceux des artères de l'orbite des ruminants et des carnassiers, réseaux que Duverney a décrits dans ses œuvres avec une grande précision. Chez le bœuf, les artères qui forment ce réseau se divisent en une infinité de branches entrelacées au pourtour de la fossette pituitaire du sphénoïde. Leurs divisions, fréquemment anastomosées entre elles, constituent une sorte de couronne qui, en avant, touche aux deux trous optiques, et qui se prolonge en arrière à la face supérieure de l'apophyse basilaire de l'occipital sur une longueur totale de 6 à 7 centimètres. Elles se trouvent toutes en dehors de la méninge, baignées par le sang du sinus coronaire ou sphénoïdal, dans la cavité duquel elles sont étalées : aussi y présentent-elles l'aspect de brides fibreuses, lisses, tapissées extérieurement par la membrane interne des veines et tout à fait semblables aux brides fibreuses des tissus érectiles. Ce réseau signalé déjà par Galien, manque dans beaucoup d'animaux, mais chez ceux où il n'existe pas, les flexuosités et les nombreuses anastomoses des artères cérébrales en tiennent lieu : elles modèrent, comme on l'a dit depuis longtemps, l'impulsion du sang qui aborde à l'encéphale, et les réseaux les plus compliqués ne pourraient pas avoir d'autre usage. Des réseaux analogues, dont la connaissance est due à Duverney, se voient dans l'orbite du chat et du bœuf. Dans ce dernier, le réseau orbitaire proviendrait de l'artère surcilière.

Les artères des membres de quelques animaux fournissent dans certains points de leur étendue des branches nombreuses rassemblées en faisceaux et plus ou moins anastomosées entre elles. Ainsi, chez les paresseux, l'artère axillaire est entourée sur le trajet du bras par un faisceau plexiforme d'artères plus petites desquelles se détachent les divisions musculaires. Ce plexus se continue même chez le fourmilier didactyle, autour des artères radiale et cubitale. Chez le lamantin, il tient lieu d'une artère de l'avant-bras et descend jusqu'au niveau du carpe. De même, l'artère fémorale est entourée de semblables plexus chez ces animaux, remarquables par la lenteur de leurs mouvements, et de plus, dans les fourmiliers, elle serait entièrement remplacée par le plexus lui-même qui descend très bas sur le trajet de la jambe.

Les artères intercostales des cétacés offrent un développement considérable entre la plèvre et les muscles intercostaux sur les côtés de la colonne vertébrale ; elles décrivent un grand nombre de flexuosités et se pelotonnent sur elles-mêmes. Les divisions qu'elles envoient dans le canal rachidien, par les trous de conjugaison, propagent ces flexuosités dans toute l'étendue de la face supérieure de la moelle épinière. Les artères caudales des mêmes animaux forment aussi un remarquable plexus sous la queue. Enfin, les artères des viscères digestifs et de la vessie natatoire de

divers poissons forment aussi des réseaux ou des plexus plus ou moins compliqués (1).

Ces diverses dispositions des artères ne sont point un luxe anatomique sans utilité; elles jouent un rôle important dans les phénomènes de la circulation artérielle.

Les anastomoses entre des artères voisines et entre des artères éloignées, quels que soient leur nombre et leur diamètre, ont pour premier résultat d'établir une solidarité intime entre toutes les parties du système qui se convertit ainsi en un immense réseau dans lequel le sang est apporté à un même point par des voies différentes, par suite de ces communications nombreuses. La circulation artérielle se régularise et la tension du sang tend à devenir uniforme, car si son afflux trouve des obstacles en certaines divisions artérielles, il revient à celles-ci et aux parties auxquelles elles se rendent, par des voies anastomotiques. Si, par exemple, l'arrivée du sang est gênée dans les artères gastriques, il afflue à l'estomac en plus grande quantité par l'artère œsophagienne, la pylorique et la duodénale; de même si un certain nombre des divisions de l'intestin grêle sont comprimées l'anse sur laquelle elles vont se distribuer reçoit par d'autres divisions ce que ne lui apportent pas les premières. Si les deux artères carotides sont liées, le sang aborde encore à la tête et au cerveau par les vertébrales et les anastomoses que celles-ci contractent au niveau des deux premières vertèbres avec l'atloïdienne rétrograde. Lorsque l'artère principale d'un membre, l'humérale, la fémorale, sont oblitérées par des caillots adhérents à leurs parois internes, la circulation, quoique affaiblie, n'en persiste pas moins dans les parties inférieures de ce membre. Enfin, quand l'aorte postérieure elle-même présente en un point de son étendue un coagulum très dense qui en ferme la lumière, comme on le voit fréquemment sur le cheval, en avant de la naissance des troncs iliaques, le bassin et les membres postérieurs reçoivent encore du sang, et toutes les divisions aortiques placées en arrière du point intercepté restent constamment pleines de ce fluide. Évidemment il faut alors que les voies anastomotiques apportent ce que ne fournit pas le vaisseau principal. L'abdominale antérieure conduit le sang à l'abdominale postérieure, de celle-ci à la prépubienne et au tronc crural; l'asternale, les lombaires le versent dans la circonflexe iliaque et dans les artères postérieures qui communiquent avec celles-ci. Ces petites artères, sans même se dilater beaucoup, peuvent laisser passer dans leur intérieur une quantité de sang bien supérieure à celle qui les traverse normalement; car la tension du système étant moindre dans les parties postérieures, le sang des artères dont nous parlons y afflue avec une grande vitesse. Ces artères, de même que celles qui sont ouvertes, donnent passage, en une unité de temps, à une masse de liquide incomparablement plus grande que celle qu'elles charrient dans les circonstances ordinaires. Mais il ne faudrait pourtant pas s'exagérer le rôle des petites artères anastomotiques appelées à remplacer accidentellement les artères volumineuses; on ne saurait admettre que l'abdominale antérieure, l'asternale et les lombaires, par exemple, puissent fournir au train postérieur assez de sang pour l'entretien de la nutrition et de la contractilité des masses musculaires énormes des membres abdominaux. Les oblitérations apparentes de l'aorte sont ordi-

(1) Voyez à ce sujet G. Cuvier et M. Duvernoy, *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édit., t. VI, p. 122, 131, 137, 140, 143, 167. — Müller, *Manuel de physiologie*, 2e édition, Paris, 1851, t. Ier, p. 183,

nairement incomplètes ; le caillot, très dense, est en contact immédiat avec la face interne du vaisseau revenu sur lui-même après la mort, mais il s'en éloigne quand le vaisseau se dilate, et le sang passe autour de la masse fibrineuse lisse à sa surface et sans adhérence avec la tunique interne de l'artère, du moins dans la plus grande partie de son étendue. Les oblitérations complètes, en avant des troncs iliaques, ne s'observent peut-être jamais, ou, si elles ont lieu, elles doivent entraîner la mort des extrémités postérieures comme les ligatures de l'aorte déterminent leur paralysie.

Quant aux plexus et aux réseaux admirables, ils ont pour double effet de ralentir la vitesse du sang en augmentant le calibre de toutes les divisions émanées d'une même artère, et ensuite d'affaiblir l'impulsion de ce fluide, en l'employant à modifier les nombreuses flexuosités des vaisseaux. Cette vitesse et cette impulsion pourraient nuire à l'intégrité des fonctions cérébrales, surtout chez les animaux qui, comme beaucoup de ruminants et la plupart des carnassiers, ont l'encolure très courte : aussi ces animaux sont-ils souvent pourvus de réseaux admirables à la partie inférieure de l'encéphale.

La direction des courants sanguins est nécessairement modifiée par les anastomoses. Ainsi, dans celle de l'atloïdienne rétrograde avec la vertébrale, il y a un courant qui marche de la tête vers la partie inférieure de l'encolure, et un autre de l'encolure vers la tête ; dans l'anastomose de l'abdominale antérieure avec la postérieure, il y a un courant du thorax vers le bassin, et un second du bassin vers le thorax. A l'anastomose d'une division de la fémoro-poplitée avec une branche de la tibiale postérieure, il y a un courant descendant et un courant ascendant, etc. Pourtant, il n'y a pas de choc au point où les deux courants se joignent ; cette jonction n'a pas même de siége : les artères toujours pleines reçoivent une nouvelle quantité de ce fluide à chaque contraction du cœur, et une quantité égale à celle-là s'échappe par les divisions qu'elles donnent en divers points de leur étendue.

La marche du sang, qui normalement a lieu, dans les artères, des grosses branches vers les petites, ou du centre à la circonférence, s'y fait souvent en sens inverse sous l'influence des anastomoses. Quand on coupe une artère quelconque, le sang s'échappe par ses deux extrémités divisées. A la fémorale, par exemple, le sang dans le segment inférieur, progresse du pied vers le bassin, et dans le segment supérieur du bassin vers le pied. A la carotide divisée, un courant s'établit du cœur vers la tête et un autre de la tête vers le cœur ; mais toujours, comme on le sait, le courant centrifuge prédomine, et de beaucoup, sur le courant centripète. L'absence des valvules dans le système artériel permet alors à ces courants, des petites divisions vers les grandes, de s'établir aussi facilement que les courants normaux des grandes artères vers les capillaires.

CHAPITRE XLII.

DU COURS DU SANG DANS LES CAPILLAIRES.

Le fluide sanguin distribué par les artères à toutes les parties de l'organisme, ne peut passer dans les veines, qui le ramènent à son point de départ, sans traverser des

vaisseaux nombreux et extrêmement fins connus depuis longtemps sous le nom de *capillaires*. Ces vaisseaux dont l'existence a été démontrée par les observations microscopiques de Malpighi et de Leuwenhoeck, constituent un immense système réticulé, invisible à l'œil nu, qui se continue, sans aucune démarcation, avec les dernières divisions des artères et les premières veinules. C'est dans cet immense réseau qui enveloppe et pénètre la substance organique, que se passent les phénomènes moléculaires les plus intimes : la conversion du sang rouge en sang noir, l'artérialisation de ce fluide, les actes de l'absorption, de la nutrition et des sécrétions.

Les vaisseaux capillaires forment le plus souvent entre les artérioles et les veinules les plus ténues des arborisations réticulées très rapprochées les unes des autres. Quelquefois ils constituent des anses d'inflexions très courtes entre une division artérielle et une division veineuse, ou des canalicules transversaux intermédiaires à une artériole et à une veinule qui marchent dans la même direction, à une certaine distance l'une de l'autre. Les réseaux qu'ils constituent ont un aspect variable, et leurs mailles une forme et une étendue différentes suivant les parties où on les examine. Dans le tissu cellulaire, dans les séreuses, les membranes fibreuses, la peau et les muqueuses, les micrographes ont trouvé des mailles assez régulières, à peu près égales entre elles, de forme polygonale, dont la largeur est trois, quatre et même cinq fois plus grande que celle des vaisseaux eux-mêmes. Dans le tissu adipeux, les mailles entourent les vésicules et en pressent les contours extérieurs; dans les muscles, elles sont allongées, et leur grand axe est parallèle aux faisceaux contractiles; aux glandes, elles circonscrivent les granulations; dans la substance médullaire des centres nerveux, elles sont allongées, ellipsoïdes, très larges; enfin, elles offrent des caractères particuliers à la choroïde, au placenta, au foie, à la rate et en divers organes.

Les réseaux les plus serrés, d'après Müller, se voient dans le pancréas, la choroïde, puis dans l'iris, les reins, le tissu du foie, de la peau et des muqueuses. Leurs mailles n'ont souvent pas plus d'étendue que le diamètre d'un capillaire. Ils sont peu abondants dans les tissus fibreux, cartilagineux et osseux, et ils manquent aux productions cornées, pileuses, épithéliales; mais ils ne font pas défaut dans certaines parties transparentes où ils semblent manquer. Müller a pu les voir, à la loupe, dans la conjonctive du fœtus de vache, en avant de la cornée lucide, et Henle est même parvenu à les y injecter.

Les vaisseaux capillaires les plus déliés ont en général à peu près le diamètre d'un globule sanguin de 0,007 à 0,030 de millimètre, les autres ont depuis 3 jusqu'à 13 centièmes de millimètre. Les plus déliés sont ceux du poumon, puis ceux des centres nerveux, des muscles, de la peau, des villosités de l'intestin; les plus larges se voient dans les veines et la substance médullaire des os. Leur diamètre peut ou augmenter ou diminuer sous l'influence de causes diverses et dans une infinité de circonstances.

Ces vaisseaux, que certains auteurs regardent comme constituant des canaux ou des trajets creusés dans la trame des tissus, sont bien réellement pourvus de parois propres, distinctes de la substance organique qu'ils sillonnent dans tous les sens. Les plus déliés n'ont qu'une seule tunique extrêmement mince, ceux d'un volume plus considérable ont deux tuniques de nature différente; enfin, les capillaires

d'un grand calibre qu'il est difficile de distinguer des dernières artères ou des premières veinules en ont trois, comme les vaisseaux sanguins visibles à l'œil nu. Ces parois deviennent évidentes quand, par le secours de la macération, la matière enveloppée par les mailles du réseau capillaire se détruit en laissant intact le réseau lui-même, comme on l'a vu pour la membrane déliée du limaçon des oiseaux. La tunique interne des capillaires, celle qui existe dans tous, est d'une minceur extrême et d'une transparence parfaite ; elle est formée d'une substance homogène dans l'épaisseur de laquelle sont disséminés des noyaux cellulaires allongés dont le grand axe est parallèle à celui des vaisseaux. La deuxième tunique qui existe sur des capillaires de moyenne grandeur est plus épaisse que la première, et sans fibres distinctes ; elle est pourvue de noyaux ovoïdes dont le grand axe est dirigé transversalement ; enfin, la troisième membrane striée longitudinalement est formée de fibres sinueuses analogues à celles du tissu cellulaire, elle s'ajoute aux deux premières dans les capillaires qui terminent les dernières divisions des artères et les radicules des veines. L'enveloppe essentielle est la membrane interne, celle des capillaires proprement dits. Les deux autres appartiennent aux vaisseaux striés qui sont encore des artérioles, ou qui sont déjà des veinules, car il n'y a pas de démarcation nette entre les artères et les capillaires ni entre ceux-ci et les veines, la transition est insensible, graduée, à tel point qu'il y aurait quelque raison à ne pas faire des capillaires un système vasculaire distinct, et à admettre une continuité immédiate entre les artères et les veines.

Indépendamment des capillaires qui donnent passage au sang, plusieurs auteurs admettent l'existence de vaisseaux trop fins pour donner passage aux globules, mais accessibles au plasma sanguin, c'est-à-dire à cette solution fibrino-albumineuse dans laquelle nagent les globules, et qui paraît plus spécialement destinée à la nutrition et aux sécrétions. Ces vaisseaux séreux existeraient surtout dans les tissus transparents et peu riches en réseaux capillaires ; la minceur, l'homogénéité et la diaphanéité de leurs parois, enfin le défaut de coloration de leur contenu les rendraient invisibles au microscope. Très probablement les travaux persévérants de la micrographie arriveront un jour à mettre en évidence cette espèce de capillaires.

Les vaisseaux capillaires jouissent de la propriété de se contracter et de se dilater d'une manière très évidente. Leur contraction est mise en jeu par l'action du froid et de divers excitants mécaniques ou chimiques; elle est lente, graduée, comme celle de tous les tissus qui ne sont point de nature musculaire. Leur expansion résulte de leur relâchement ; elle succède ordinairement à une contraction momentanée. Ces deux états influent considérablement sur les phénomènes de la circulation capillaire.

Le cours du sang dans les vaisseaux capillaires ne peut être étudié que par le secours du microscope dans les parties transparentes des animaux vivants, tels que le mésentère des petits mammifères, les poumons vésiculeux, la membrane interdigitée des batraciens, les nageoires des poissons, les ailes des chauves-souris. Ses divers phénomènes ont été décrits maintenant par un grand nombre d'observateurs. Il faut les étudier un à un, puis remonter à leurs causes.

En examinant au microscope une partie diaphane, on la voit parcourue par un grand nombre de courants réticulés plus ou moins réguliers, au milieu desquels

les globules, isolés les uns des autres, se meuvent avec une grande vitesse. Ces globules ne forment qu'une seule série ou une seule file dans les capillaires les plus étroits, et ils marchent quelquefois plusieurs de front dans les vaisseaux d'un diamètre plus considérable. Le sérum dans lequel ils nagent se divise en deux parties, l'une qui adhère à la face interne des parois vasculaires et demeure immobile; l'autre qui isole les globules, leur sert de véhicule et progresse avec eux: c'est l'eau d'un torrent emportant avec lui le sable et la poussière qu'il tient en suspension.

La direction des courants a lieu des artères vers les veines, fig. 79; elle est assez régulière dans les capillaires volumineux; mais elle l'est plus dans les capillaires déliés, disposés en réseaux, à cause même des sinuosités des vaisseaux, et l'instrument grossissant en exagère beaucoup l'irrégularité. Tantôt on voit des courants parallèles et à peu près rectilignes, tantôt des courants qui se rapprochent ou qui vont en divergeant, quelquefois même on en observe qui marchent en sens opposé, surtout quand un point du réseau est soumis à l'influence d'une excitation. Souvent deux courants parallèles deviennent convergents, puis s'éloignent l'un de l'autre. Tous ces accidents tiennent à la disposition des vaisseaux; ils peuvent bien changer plusieurs fois le sens de la progression du sang, tout en lui conservant sa direction générale, de même que les mille détours d'un fleuve serpentant dans une plaine ne changent point sa direction d'ensemble.

FIG. 79

La rapidité des courants tient à la fois à celle de la circulation générale et à l'état dans lequel se trouvent les capillaires que l'on examine. Elle a paru sensiblement plus considérable dans la partie du système capillaire qui termine les artérioles que dans celle qui forme les réseaux et se rattache à l'origine des radicules veineuses. Souvent elle est plus grande dans un vaisseau que dans un autre très rapproché du premier; et, dans les différentes sections d'un même vaisseau, est-elle ici plus, là moins considérable? Elle dépend, jusqu'à un certain point, de l'état de resserrement ou d'expansion du vaisseau et du nombre des globules qui peuvent y passer de champ. Dans les capillaires très larges, où peuvent circuler de front plusieurs files de globules, les globules de la partie centrale du vaisseau marchent beaucoup plus vite que ceux qui sont rapprochés de ses parois. Ces derniers s'arrêtent parfois momentanément dans la couche de sérum qui adhère aux parois vasculaires, puis ils se mettent de nouveau en mouvement, emportés par d'autres globules qui viennent derrière eux; souvent ils parviennent à gagner le centre du courant et à acquérir la vitesse des globules qui les ont devancés.

Cette vitesse est proportionnée à l'énergie des contractions du cœur, et uniforme dans les circonstances ordinaires; elle devient alternativement lente et rapide à de courts intervalles, ou, en d'autres termes, elle devient saccadée quand les contractions du cœur ont perdu beaucoup de leur énergie. Sur les animaux affaiblis, le mouvement s'accélère à chaque pulsation du cœur et des artères, et il se ralentit dans les intervalles des battements. Spallanzani a constaté cette remarquable par-

cularité sur le poulet dans les premiers temps de l'incubation. Enfin quelquefois le mouvement du sang dans les capillaires est oscillatoire. Les globules avancent et reculent alternativement, comme on le voit, après la ligature de l'aorte, des artères d'un membre, après l'obstruction partielle des réseaux capillaires et l'affaiblissement extrême des mouvements du cœur sur les animaux mourants. M. Poiseuille, qui a bien précisé les conditions de ce mouvement oscillatoire observé par Haller et Spallanzani, a constaté qu'après la ligature de la veine fémorale d'une grenouille l'oscillation se manifestait dès que cette veine se trouvait entièrement distendue: elle cessait lors de la compression de l'artère.

Cette circulation capillaire se modifie dans des limites très étendues et sous l'influence de causes nombreuses, qui déterminent la turgescence des tissus, les stases sanguines et les inflammations. Elle est activée normalement dans le tissu de toutes les glandes qui entrent en fonction, dans celui de la muqueuse gastro-intestinale au moment de la digestion, dans le tissu de la peau, quand la transpiration devient abondante. Lors du développement de l'inflammation, l'afflux de sang est rapide vers le point irrité; le système capillaire se remplit outre mesure; la circulation s'y embarrasse graduellement; elle se suspend dans un nombre de vaisseaux de plus en plus considérable; le plasma du sang ou la solution fibrino-albumineuse s'échappe à travers les parois vasculaires, s'infiltre dans les interstices de la trame organique ou se dépose à la surface des membranes.

Les forces qui mettent en mouvement le sang dans les capillaires sont l'impulsion donnée par le cœur, celle qui résulte de la réaction élastique des artères, de la constriction des petites divisions artérielles, et celle qui dérive de la contraction même de ces petits vaisseaux. L'impulsion du cœur est la puissance essentielle, principale, la force qui suffirait à elle seule; les autres sont de simples forces accessoires, additionnelles, nullement indispensables au mouvement du sang, mais susceptibles de le ralentir, de l'accélérer, de lui imprimer en un mot les nombreuses modifications qu'il éprouve dans une infinité de circonstances, suivant les divers états de vitalité des tissus et des organes. Ces dernières ont, par conséquent, une extrême importance, lorsqu'on ne considère pas seulement la circulation dans son ensemble comme un torrent qui part du cœur par les artères pour y revenir par les veines.

L'impulsion du cœur, que Harvey et Spallanzani regardaient comme la seule force motrice du sang dans les vaisseaux, est bien évidemment la puissance capitale de la progression de ce fluide dans les capillaires. La circulation capillaire est active, rapide, lorsque les contractions du cœur sont énergiques; elle devient saccadée, intermittente, lorsque les contractions cardiaques, affaiblies, ne s'effectuent qu'à de rares intervalles; elle devient oscillante sur les animaux très affaiblis ou mourants, enfin elle se suspend presque immédiatement après la mort. Il est vrai cependant que la circulation capillaire continue encore quelques instants, chez les batraciens, après l'excision du cœur ou après la ligature de l'aorte, qu'elle persiste également après l'interruption du cours du sang dans l'artère principale d'un membre, et enfin qu'elle a lieu chez les animaux inférieurs dépourvus de cœur. Mais ces conditions, qui ont paru à certains auteurs suffisantes pour nier que la circulation capillaire soit dépendante de l'impulsion du cœur, ne prouvent rien contre la

proposition qui vient d'être formulée. En effet, si le mouvement du sang persiste pendant un certain temps dans la membrane interdigitale des grenouilles auxquelles on vient d'enlever le cœur ou de lier toutes les artères du membre postérieur vers le bassin, ce mouvement, lent, irrégulier, bientôt éteint, dérive de ce que les artères, pleines de sang au moment de leur ligature ou de l'ablation du cœur, reviennent sur elles-mêmes en vertu de leur élasticité et se vident de la plus grande partie de leur contenu, qu'elles poussent dans les capillaires et dans les veines, comme cela arrive du reste au moment de la mort et quelque temps après sur tous les animaux. Enfin, si la circulation des animaux inférieurs s'opère sans l'intervention du cœur, il y a certaines parties du système vasculaire qui, par la contractilité dont elles jouissent, impriment aux liquides une impulsion suffisante, laquelle équivaut à celle du cœur.

A l'impulsion énergique développée par le cœur s'ajoute incontestablement celle qui résulte de la réaction des artères. C'est cette seconde force qui entretient encore la circulation capillaire pendant quelques minutes une fois que l'intervention du cœur est éteinte ou supprimée d'une manière quelconque; c'est elle qui régularise en quelque sorte le déversement du fluide sanguin dans les capillaires, lui fait perdre le caractère saccadé et intermittent propre au mouvement de ce liquide dans le système artériel. C'est une force additionnelle qui peut notablement modifier et d'une manière locale la circulation capillaire.

La contractilité dont on suppose doués les capillaires a été considérée comme une cause du mouvement du sang dans ces vaisseaux; mais cette contractilité est-elle réelle? Et dans l'affirmative, quelle part peut-elle prendre à la circulation capillaire?

Bichat, qui soutenait que le sang, une fois parvenu dans les capillaires, était soustrait à l'action impulsive du cœur, faisait jouer un grand rôle à la contractilité organique insensible de ces vaisseaux. Pour lui, cette contractilité était l'unique cause du mouvement du fluide sanguin dans les vaisseaux intermédiaires aux artères et aux veines : l'impulsion unique et uniforme du cœur s'arrêterait aux systèmes capillaires. D'après ses idées, la contractilité, mise en jeu avec plus ou moins d'intensité, imprimerait une foule de modifications au cours du sang dans les diverses parties; elle rendrait à elle seule la circulation plus rapide à la peau lors d'une transpiration abondante, d'une irritation vive, dans les glandes au moment de l'hypersécrétion, et enfin plus accélérée dans tels tissus que dans tels autres pour les besoins de la nutrition. Bichat, sans avoir suffisamment prouvé la contractilité des capillaires, en fait donc une force motrice puissante; mais sa grande erreur est d'attribuer à elle seule le mouvement du sang dans ces petits vaisseaux.

Les modernes s'accordent peu sur l'existence de la contractilité des capillaires. M. Magendie et M. Poiseuille la nient formellement, en s'appuyant sur des expériences peu concluantes; d'autres l'admettent sans pouvoir s'entendre sur ses caractères. L'observation microscopique fait voir clairement que les capillaires sont susceptibles d'éprouver tour à tour une contraction et une expansion plus ou moins considérables, de manière à devenir à certains moments assez larges pour laisser passer plusieurs globules de champ, et à d'autres assez étroits pour n'en admettre qu'une seule file. Ainsi le froid et les irritations mécaniques déterminent un res-

rement lent des capillaires ; l'alcool, la solution de sel marin, l'eau chaude, provoquent une expansion plus ou moins marquée ; mais la contraction et l'expansion ou l'état de relâchement ne se manifestent que d'une manière lente, graduée, presque insensible ; elles n'ont point, comme le fait observer M. Bérard, le caractère rhythmique, analogue par exemple à celui de la systole et de la diastole du cœur et des artères : elles ne peuvent donc influer sur le mouvement du fluide sanguin qu'en réglant les proportions des voies qu'il parcourt, c'est-à-dire en laissant ces voies tantôt larges, tantôt plus ou moins étroites.

La contraction et l'expansion des capillaires dérivent probablement autant des tissus que des parois vasculaires elles-mêmes, car tous les tissus organiques jouissent, à divers degrés, de ces deux propriétés, comme semble l'indiquer l'action alternative de la chaleur et du froid. Elles appartiennent aussi, et d'une manière très évidente, aux petites artères et aux veines qui confinent le système capillaire. Là elles agissent très efficacement sur la circulation des systèmes capillaires, suivant l'activité du travail nutritif ou sécréteur des organes ; mais c'est là un point sur lequel nous reviendrons plus tard.

Le mouvement du sang dans les capillaires dépend donc 1° de l'impulsion donnée par le cœur ; 2° de celle qui résulte de la réaction des artères ; 3° enfin d'une action propre aux parois mêmes des capillaires. La première est la force principale, essentielle, la seconde est beaucoup moins importante ; l'une et l'autre ont une action uniforme, constante et régulière pour tout l'organisme : celle des petits vaisseaux et des capillaires est une action modificatrice propre à imprimer à la circulation des diverses parties une foule de caractères spéciaux, et à la mettre en harmonie avec l'état de leur propre vitalité. C'est par cette dernière que la turgescence peut se produire en une partie, la congestion, l'inflammation dans une autre, pendant que dans toutes, le reste de la circulation conserve ses caractères normaux. Le physiologiste ne doit pas la perdre de vue dans l'étude de la nutrition, des sécrétions et des diverses manifestations de la vitalité des organes.

Quant à la force spéciale que Tréviranus et Doellinger attribuent au sang, force par laquelle ce fluide se porterait de lui-même des artères vers les capillaires, et de ceux-ci dans les veines, elle est évidemment imaginaire. Rien ne prouve aussi que le sang se meuve dans les capillaires en vertu d'une attraction spéciale exercée par ces vaisseaux ; car pour admettre une telle hypothèse il faudrait d'abord démontrer l'existence d'une force attractive, puis il resterait à expliquer, ainsi que le dit Müller, comment le sang une fois amené dans les systèmes capillaires en est expulsé et de là reporté vers l'organe central de la circulation.

En traitant des phénomènes généraux de la circulation, nous rechercherons quelle peut être la part d'influence du système nerveux sur le cours du sang dans les capillaires.

CHAPITRE XLIII.

DU COURS DU SANG DANS LES VEINES.

Le sang que le cœur a lancé dans les artères et de là dans les capillaires doit être ramené à son point de départ, en suivant un trajet inverse à celui qu'il a déjà parcouru : c'est par les veines que ce retour s'effectue et que se complète l'itinéraire de la circulation. Examinons donc les caractères de la progression du fluide nutritif dans le système veineux, et les forces sous l'influence desquelles il y est mis en mouvement.

I. Des caractères du cours du sang dans les veines.

Le sang qui, dans les artères, se meut du centre vers la circonférence, du cœur vers les capillaires, progresse au contraire dans les veines, de la circonférence au centre, des capillaires vers le cœur. Césalpin (1) le premier reconnut ce fait en considérant que les veines superficielles, comprimées par le doigt ou par une ligature, se gonflent au-dessous de l'obstacle, c'est-à-dire entre lui et les parties d'où le sang est ramené. Plus tard, Harvey le démontra par la disposition des valvules dont le bord libre est tourné vers le cœur, valvules qui s'appliquent contre les parois des vaisseaux quand le sang marche vers cet organe, et qui au contraire se tendent en travers pour lui barrer le passage dès que ce fluide tend à rétrograder du centre vers la circonférence. Enfin, il suffit de couper en travers la jugulaire d'un animal vivant pour voir que le segment supérieur verse du sang, tandis que l'inférieur n'en laisse pas écouler, preuve évidente que le fluide qui marche dans cette veine va de la tête vers le cœur et non du cœur vers cette dernière. Les cas dans lesquels le sang des veines semble progresser du centre vers la périphérie seront appréciés plus tard.

La vitesse avec laquelle le sang se meut dans les veines est beaucoup moins grande que celle du mouvement de ce fluide dans le système artériel. La différence entre ces deux vitesses tient à la différence même qui existe entre la capacité des veines et celle des artères. Il est facile de voir, d'après l'examen le plus superficiel du système vasculaire, que presque partout les veines sont plus nombreuses que les artères, et que, dans toutes les parties, les premières ont un diamètre bien supérieur à celui des secondes. Ainsi, chez les solipèdes, aux membres antérieurs, outre les veines satellites des artères, il y a sur le trajet de l'avant-bras une sous-cutanée antérieure et une interne ; aux membres postérieurs, une veine superficielle à la face interne du jarret, de la jambe et de la cuisse ; au tronc, une sous-cutanée thoracique, une azygos. Dans les parties où une seule veine correspond à une artère, comme la glosso-faciale pour l'artère du même nom, la jugulaire des solipèdes pour la carotide, les divisions des veines pulmonaires pour celles de l'artère homologue, les branches intestinales de la veine porte pour celles de la grande

(1) *Quæstionum peripat.*, lib. V, Venise, 1593.

Le pouls est fort ou faible, lent ou précipité, régulier ou intermittent, suivant le degré de plénitude du système artériel, l'énergie, la rapidité et les autres caractères des contractions du cœur. Il reflète par une infinité de nuances les nombreuses modifications qu'éprouve l'action du cœur.

Le cours du sang artériel, dont nous venons d'examiner les causes et les caractères sensibles, est-il influencé et modifié par les dispositions si variées que les artères affectent dans leur forme, leur direction, leur mode de division et les anastomoses établies entre elles en plusieurs points de l'économie?

Le mode d'origine et de ramification des artères dans chaque partie du corps, quoique à peu près toujours le même, offre néanmoins un assez grand nombre de variations, qui certainement ne peuvent avoir aucune importance réelle quant à la circulation. Ainsi on ne voit pas ce qui peut résulter de la division d'une carotide en deux branches au lieu de trois, de la présence de deux artères rénales au lieu d'une, de l'origine de la thyroïdienne par un tronc commun avec la laryngienne au lieu d'une émergence isolée. De même il importe peu que l'artère bronchique naisse séparée de l'œsophagienne ou réunie avec elle, que celle-ci parte de l'aorte directement ou d'une intercostale, que la gastrique naisse seule ou réunie à la splénique, la spermatique, en avant ou en arrière de la petite mésentérique, l'ovarienne de l'aorte ou de la mésentérique supérieure, la petite testiculaire de l'aorte, du tronc crural ou de la circonflexe iliaque, l'artère utérine du tronc aortique ou du tronc crural, la prépubienne de l'iliaque externe ou d'une musculaire de la cuisse.

Le mode de ramification des artères, arrivées à un certain degré de ténuité, n'est pas sans quelque influence sur le cours du sang. Ce mode est subordonné à la forme, au volume des organes, à la nature et à la disposition de leurs éléments constitutifs, aux changements de forme, de situation et de dimensions qu'ils sont susceptibles d'éprouver. Ainsi, les artères de l'estomac et de l'intestin se bifurquent avant d'arriver aux courbures par lesquelles elles abordent ces viscères; puis elles se divisent à leur surface, traversent leur tunique contractile et forment un réseau serré à la face externe de la muqueuse avant de pénétrer dans son épaisseur. Les artères cérébrales et rachidiennes se disposent en un magnifique réseau dans la pie-mère avant d'envoyer des ramifications fines dans la pulpe des centres nerveux; la carotide interne forme souvent des réseaux admirables entre les parois du crâne et les méninges; l'artère spermatique décrit un grand nombre de flexuosités avant d'arriver au parenchyme du testicule. Enfin, les artères, avant de devenir capillaires, se subdivisent toujours de la même manière pour un même organe; ce sont des arborisations régulières pour l'intestin grêle, des arborisations à branches sinueuses pour le côlon replié, des treillages dans la pituitaire, des boucles au testicule, des radiations ou des étoiles dans le tissu du foie, etc.

Les flexuosités des artères apparaissent partout où ces organes doivent éprouver des déplacements étendus ou des changements considérables de volume : à la linguale, pour se prêter au mouvement de protraction de la langue; aux labiales, pour se mettre en rapport avec les divers degrés d'ouverture de la bouche; à l'abdominale antérieure, à l'abdominale postérieure, à la circonflexe, pour se mettre en harmonie avec les changements de volume de l'abdomen; à la spermatique, pour

permettre les migrations du testicule ; à l'ovarienne, à l'utérine, pour rendre faciles l'ampliation de l'utérus, l'élongation des ligaments larges de ce viscère, aux artères gastriques des ruminants, des solipèdes et de la plupart des animaux, dans un but analogue.

Les anastomoses, c'est-à-dire les communications établies entre diverses artères provenant d'un même tronc ou de troncs plus ou moins éloignés, ont une influence très remarquable sur la circulation artérielle ; elles permettent à un organe de recevoir encore du sang lorsque le vaisseau qui lui apporte ce fluide est comprimé ou oblitéré ; elles établissent des voies de dérivation qui rendent son cours plus régulier, plus uniforme et facilitent son abord dans les parties où le système vasculaire est moins rempli, et dans celles où la pression de la masse sanguine est diminuée.

Les anastomoses les plus multipliées ont lieu par des divisions collatérales plus ou moins considérables émanées d'artères voisines. Elles sont en nombre presque infini dans les artères destinées aux muscles des différentes parties du corps, entre les deux carotides, entre la thoracique externe et l'interne, entre les deux grandes artères du côlon replié, les deux gastriques, entre l'artère œsophagienne et les artères de l'estomac. On en voit un très grand nombre dans les membres au niveau des articulations qu'elles entourent de manière à assurer un libre passage au sang dans toutes les situations où les rayons peuvent se trouver.

D'autres anastomoses sont disposées en arcades comme celles de l'artère duodénale avec la première division que la grande mésentérique envoie à l'intestin grêle, celles des divisions de l'intestin grêle entre elles, de la colique droite avec la colique gauche. Les branches plus ou moins volumineuses qui les forment marchent l'une vers l'autre en décrivant une courbe dont la partie convexe donne naissance à un grand nombre de divisions. Elles font communiquer dans les parois intestinales la cœliaque avec la grande mésentérique, celle-ci avec la petite ; elles établissent une communication entre la circulation du foie, de la rate, de l'estomac et celle de l'intestin, puis entre celle de l'intestin grêle et celle du cœcum et du côlon. Leur importance est ici de premier ordre pour régulariser le cours du sang dans des parties successivement vides ou pleines, distendues à divers degrés, inégalement actives, parties dont les éléments sont susceptibles de devenir, sous l'influence de causes nombreuses, le siége de congestions internes, d'inflammations, etc. Par leur intermédiaire, des parties fort éloignées les unes des autres pourraient recevoir du sang si un certain nombre de ces artères venaient à s'oblitérer. Ainsi, ce fluide arriverait encore à l'iléon, qui est à 20 ou 30 mètres du pylore, pourvu que l'artère duodénale restât libre, toutes les autres étant oblitérées.

Les anastomoses par inosculation ou celles des artères qui, marchant en sens inverse, viennent s'ouvrir à plein canal l'une dans l'autre, diffèrent peu des précédentes et ne sont pas moins nombreuses. L'atloïdienne rétrograde dans laquelle le sang circule de la partie supérieure de l'encolure vers l'inférieure et la vertébrale dans laquelle il marche de bas en haut ; l'abdominale antérieure qui charrie ce fluide d'avant en arrière et l'abdominale postérieure qui le transporte d'arrière en avant ; les intercostales où il va de haut en bas et les branches de l'asternale où il va de bas en haut ; les collatérales internes du coude avec une division de la radiale postérieure, la communicante de Willis avec la cérébrale postérieure, l'épiploïque gauche avec

minaison sont au cœur, ne peut, une fois plein et distendu, recevoir continuellement du sang à une de ses extrémités sans en rapporter aussi continuellement par l'autre extrémité ; le cœur lui-même ne peut chasser dans le système artériel que ce qui lui revient par le système veineux. L'action de cet organe s'étend fatalement à toutes les parties du cercle vasculaire, comme si les artères, les capillaires et les veines étaient des tuyaux inertes. Il y a là un simple phénomène d'hydrodynamique qui se conçoit sans le secours d'une démonstration.

Cette impulsion du cœur, qui détermine la diastole des artères, le déplacement de ces vaisseaux, l'intermittence ou la saccade du jet sanguin, s'est affaiblie : en se modifiant par d'autres influences, elle ne produit pas de pulsations veineuses et ne donne point au sang noir un mouvement alternativement plus lent et plus rapide.

La force impulsive communiquée au sang par le retour élastique des artères sur elles-mêmes et par leur espèce de contractilité, s'ajoute incontestablement à la première et doit s'étendre comme elle sur tout le reste du trajet que le sang parcourt avant d'être ramené à son point de départ. C'est cette force qui, après la suspension des battements du cœur, la ligature du tronc aortique, etc., pousse dans les capillaires et dans le système veineux la plus grande partie des fluides actuellement contenus dans les artères, d'où résulte conséquemment cette vacuité des artères du cadavre signalée déjà par les premiers observateurs de l'antiquité. Cette participation des artères au mouvement du sang veineux est encore rendue manifeste par une expérience de M. Magendie. Si on lie circulairement la cuisse d'un chien, en laissant hors du lien l'artère et la veine crurale, on voit, en ouvrant celle-ci, que le sang noir continue à s'en écouler pendant un certain temps, bien qu'une compression exercée sur l'artère suspende dans celle-ci l'abord du sang et annihile l'action du cœur au delà du point intercepté ; l'écoulement s'affaiblit à mesure que l'artère se vide, et quand il s'arrête, on le rétablit et on lui rend peu à peu son abondance première en cessant la compression exercée sur l'artère. J'ai vu sur le cheval, après la ligature de l'aorte postérieure, au niveau de la grande mésentérique, la saphène, et les veines fémorales ouvertes, donner du sang jusqu'au moment où l'aorte et ses principales divisions arrivaient à leur degré habituel de resserrement. La saphène, sur laquelle on venait de passer le doigt depuis le jarret jusqu'au niveau de l'ouverture pour en faire sortir le sang, se remplissait de nouveau. Sans doute, dans ces conditions, une certaine part d'action doit être attribuée aux capillaires et aux veines, mais la principale revient aux vaisseaux artériels.

Les capillaires contribuent aussi, dans une certaine mesure difficile à démontrer et à préciser, à la progression du sang veineux. Leur participation doit être ici nécessairement très obscure, puisqu'elle est déjà si peu caractérisée en ce qui concerne le mouvement du sang dans leur intérieur. D'après Bichat, les capillaires, par le resserrement insensible dont il les croyait le siége, verseraient constamment dans les veines une nouvelle quantité de sang qui, ajoutée à la masse actuellement contenue dans ces dernières, lui communiquerait un mouvement général, mais nous savons qu'un tel resserrement, manifeste en plusieurs circonstances, n'a pas de caractère rhythmique analogue à celui des artères, et ne peut conséquemment agir qu'à la manière des tubes distendus qui tendent incessamment à revenir sur eux-mêmes. Cette intervention des capillaires a été niée par M. Poiseuille,

d'après les résultats de l'expérience suivante : une anse d'intestin de cheval, extraite de l'abdomen par une petite plaie, est liée à ses deux extrémités avec les anastomoses vasculaires ; l'hémodynamomètre ayant été fixé au segment inférieur d'une veine de l'anse, le sang s'y éleva à la hauteur de 30 centimètres, mais il y descendit à celle de 1 centimètre seulement, une fois que les artères furent ouvertes et que la seule impulsion des capillaires agissait sur le contenu des veines. Mais cette expérience ne démontre nullement que les capillaires soient sans action sur le cours du sang dans les veines. Évidemment lorsque les artères sont ouvertes, si les capillaires exercent une pression sur leur contenu, cette pression tend aussi bien, comme le fait observer M. Bérard, à pousser le sang vers les artères ouvertes que du côté des veines ; de plus, comme les capillaires cessent de recevoir du sang, il n'est pas étonnant qu'ils cessent d'en chasser beaucoup du côté des veines.

Ces premières forces, qui agissent en arrière du système veineux, ne sont pas les seules qui concourent à la progression du sang noir ; il en est encore d'autres qui y prennent une part notable ; la plus remarquable parmi celles de cette deuxième série dérive des parois des veines, et fait sentir son action à la fois sur toutes les parties du système.

Les parois des veines, beaucoup plus minces que celles des artères, sont formées essentiellement par une tunique interne, mince, pellucide, et par une membrane externe d'aspect fibreux qui possède une grande résistance, une extensibilité très marquée et une rétractilité manifeste due partout à l'élasticité et en quelques points à une véritable contractilité. Dans toute l'étendue du système, les veines sont susceptibles d'une extension considérable suivant leur longueur et leur diamètre, et partout aussi elles jouissent de la propriété de revenir sur elles-mêmes, c'est-à-dire de se raccourcir et de se rétrécir, mais cette propriété est spécialement exagérée dans certaines veines, comme à la jugulaire des grands animaux, à cause de l'étendue et de la variété des mouvements de l'encolure, aux axillaires de tous les animaux, aux veines du fourreau des solipèdes, à la splénique des ruminants. Elle est au contraire très limitée dans les veines dont la surface externe est très adhérente aux parties environnantes, comme aux veines des sinus rachidiens, à l'azygos, aux veines hépatiques ; et enfin aux veines brachiales et au golfe des jugulaires qui sont fixées circulairement, comme l'a fait voir M. Bérard, à l'entrée du thorax, de manière à demeurer toujours béantes. C'est par suite de cette rétractilité que les veines s'affaissent à mesure qu'elles se désemplissent, et finissent par se réduire à un diamètre très exigu en plusieurs circonstances, comme on le voit si souvent aux veines sous-cutanées ; ce resserrement ne dérive pas d'une contractilité sensible, du moins Hunter, Bichat et d'autres observateurs n'ont jamais vu de contractions bien manifestes dans les parois veineuses soumises à l'action de divers excitants physiques ou chimiques. Haller a remarqué cependant que l'huile de vitriol faisait resserrer la veine cave d'un chat et celle d'un chevreau.

En certains points du système veineux, les parois des veines sont susceptibles d'une contraction musculaire souvent très manifeste. Ainsi, vers leur terminaison, les deux veines caves, pourvues de fibres musculaires rougeâtres, se contractent sous l'influence du galvanisme, suivant les observations de Nysten ; elles ont une contraction rhythmique, régulière, isochrone à celle des oreillettes, comme je l'ai vu

souvent, à la veine cave antérieure du cheval. La veine cave postérieure a dans l'autruche, d'après Cuvier, des fibres musculaires depuis le cœur jusqu'au niveau des rénales. Ces fibres, signalées par M. Bernard dans la veine cave au niveau de la scissure postérieure du foie et dans les veines sus-hépatiques, y sont disposées en une couche très épaisse, chez les solipèdes et surtout chez les grands ruminants. A la première, elles augmentent depuis les rénales jusqu'à l'ouverture du centre phrénique, forment un plan extrêmement épais sur toute la partie de la veine qui adhère à la scissure hépatique et se prolongent assez loin dans les gros troncs sus-hépatiques. De même dans le bœuf et dans le cheval le tronc de la veine porte en présente de bien marquées depuis l'anneau du pancréas jusque très loin dans la scissure postérieure du foie. Ce plan musculeux a été trouvé, avec un développement remarquable, par M. Duvernoy dans le tronc mésentérique de la veine porte d'une espèce de squale et d'un autre poisson. Probablement ce plan musculaire à fibres grisâtres se contracte suivant un mode rhythmique, mais je n'ai pu encore y distinguer des contractions spontanées analogues à celles du sinus de la veine cave antérieure. Évidemment en ces points les fibres musculaires ont un usage particulier dont nous parlerons plus tard.

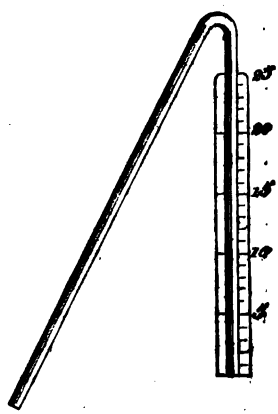
La force de rétraction des veines, plus prononcée sans doute dans les petites divisions que dans les grosses branches, doit prendre quelque part à l'impulsion du sang noir. J'en donne pour preuve expérimentale les résultats de la ligature de l'aorte. Si, après avoir lié ce vaisseau vers les mésentériques, on examine les veines superficielles du membre postérieur, la saphène et ses branches afférentes, on voit que le sang continue à y marcher pendant un certain temps par suite de la projection du sang des artères dans les systèmes capillaires; de plus, on remarque et ceci est le point important, que les veines ne se laissent point distendre outre mesure par le sang qu'elles reçoivent; en revenant sur elles-mêmes, elles en chassent une bonne partie vers les grosses divisions du bassin et de l'abdomen. Quoi qu'il en soit, il ne faudrait pas s'exagérer l'influence de cette rétractilité que mille faits montrent généralement très faible : les veines se gonflent et laissent refluer le sang dans leur intérieur en plusieurs circonstances vers les parties déclives; une portion de veine pleine de sang et comprise entre deux ligatures se vide lentement si elle est peu distendue sur l'animal vivant comme sur le cadavre; une veine ouverte après la mort et pleine de sang encore fluide se vide fort incomplétement si elle est maintenue dans une direction telle que les fluides ne soient pas sollicités à se déplacer en vertu de leur propre poids; le système veineux reste, après la mort, gorgé des fluides dont se sont débarrassés les artères et les systèmes capillaires.

La diastole des oreillettes, par l'espèce d'aspiration qu'elle produit sur le sang des gros troncs veineux, prend aussi une certaine part à la progression du sang noir. Wedemeyer, après avoir lié la jugulaire du cheval et adapté au-dessous de la ligature un tube recourbé dont l'extrémité libre plongeait dans l'eau, a vu immédiatement après chaque pulsation du cœur l'eau s'élever à la hauteur de quelques pouces dans ce tube et redescendre ensuite. J'ai fait une petite ouverture, soit à la jugulaire vers la première côte, soit à une des grosses veines à leur entrée dans [illegible] aussi qu'après chaque pulsation, une petite quantité d'air

s'engouffrait avec bruit dans le vaisseau dont les parois étaient ouvertes. Le même phénomène s'observe aussi quelquefois sur le cheval quand le canal thoracique est coupé en travers à son insertion dans le système veineux.

La dilatation du thorax, lors de l'inspiration, exerce sur les oreillettes du cœur, sur les grosses veines qui y aboutissent et, de proche en proche, sur tout le reste du système, une action aspiratrice analogue à la première, mais plus énergique et moins répétée. Haller avait déjà noté en plusieurs circonstances que des veines rapprochées du cœur pâlissaient en s'affaissant, au moment de l'inspiration, tandis qu'elles se gonflaient lors de l'expiration; Hales, en adaptant un tube à la jugulaire de plusieurs animaux, a pu voir le niveau du sang dans ce tube vertical osciller beaucoup suivant l'état de la respiration et le développement des efforts; M. Magendie, en fixant du côté du cœur une sonde à la jugulaire, a vu l'air aspiré à chaque mouvement d'inspiration. Enfin M. Barry, ayant enfoncé dans la jugulaire un tube recourbé dont l'extrémité inférieure plongeait dans l'eau ou dans un fluide coloré, a vu aussi ce liquide monter dans le tube à chaque inspiration, puis en descendre à chaque expiration. J'ai répété cette expérience très simple avec un tube recourbé sur lui-même (fig. 80), dont les deux branches, longues chacune de 40 centimètres, formaient entre elles un angle de 30 degrés. La jugulaire étant liée, l'une des branches du tube fut introduite dans une ouverture faite à la veine au-dessous de la ligature et poussée jusqu'à l'entrée du thorax: l'autre branche, verticale et graduée, plongeait dans un flacon plein d'eau. Alors on voyait à chaque inspiration le niveau du liquide du tube monter de 2, 3, 4 ou 5 centimètres, puis redescendre de la même quantité à chaque expiration. Dans les inspirations véhémentes et dans les efforts violents, les oscillations avaient une amplitude de beaucoup supérieure à celle-là, comme de 8 à 10 centimètres. En examinant avec soin les déplacements du liquide, on pouvait distinguer dans le mouvement oscillatoire total deux autres mouvements: l'un, faible, dépendant des battements du cœur; l'autre, plus étendu, dérivant des mouvements respiratoires. Le liquide s'élève à chaque diastole des oreillettes et à chaque inspiration; il s'abaisse, au contraire, à chaque systole des oreillettes et à chaque expiration. Il importe de remarquer que ces effets ne sont bien manifestes qu'autant que le tube descend dans la jugulaire jusqu'à l'entrée du thorax, sinon la veine, vide au-dessous de la ligature, s'affaisse par la pression atmosphérique et transmet très mal au tube l'action aspiratrice du cœur et de la poitrine.

Fig. 80.



L'action exercée par les contractions du cœur et les mouvements respiratoires sur le sang noir, ne porte pas seulement sur les gros troncs veineux du thorax et sur les veines voisines de cette cavité, elle s'étend au loin et de proche en proche, puisque le vide ne peut se former dans le système veineux, et que le sang situé vers l'organe central doit être suivi par les quantités qui se trouvent en arrière des premières. Ce fait, nié par M. Poiseuille, m'est démontré par l'expérience sui-

faite sur le cheval. Après avoir lié la jugulaire vers le milieu du cou de manière à soustraire le sang du segment supérieur à l'action aspiratrice directe du cœur et du thorax, j'ai ouvert ce segment supérieur et j'y ai adapté l'hémodynamomètre dont je me suis servi pour les artères. Or le sang qui, lors d'un effort violent s'était élevé à une hauteur de 90 centimètres, descendit bientôt à 80, puis à 48. Une autre fois, après une ascension de 1 mètre, il descendit à 50 centimètres. Évidemment, c'est par les anastomoses de la jugulaire avec les vertébrales, les cervicales supérieures que l'influence du cœur et du thorax se fait sentir sur le contenu de cette veine.

On sait, du reste, depuis longtemps, qu'au moment des efforts le sang veineux, par la difficulté qu'il éprouve à aborder dans le thorax, stagne dans les vaisseaux sous-cutanés, et les distend souvent à un degré extrême, comme il est si facile d'en juger sur soi-même.

Ces puissances diverses qui concourent à la progression du sang ont souvent pour auxiliaires les mouvements des artères, ceux des muscles, la pression des téguments qui recouvrent les veines superficielles, et celle des parties de toute nature qui entourent ces vaisseaux. L'influence des battements artériels, que l'on a considérée comme très importante, n'est pas susceptible d'une démonstration péremptoire. La raison que l'on a donnée de son utilité n'a pas une valeur incontestable, car si les veines accompagnent généralement les artères, c'est peut-être plus pour profiter des routes que la nature a su si habilement tracer aux vaisseaux que pour laisser aux premières quelques avantages des pulsations des secondes. La pression des téguments et des autres parties est extrêmement utile en prévenant jusqu'à un certain point la dilatation extrême des veines et en s'opposant ainsi à la stagnation du sang dans leur intérieur : son influence devient manifeste par le gonflement que montrent les veines superficielles dénudées et les mésaraïques, la splénique, quand les viscères abdominaux sont retirés du ventre et soustraits à la pression de ses parois. Enfin, les mouvements musculaires sont des auxiliaires très utiles qui favorisent notablement le cours du sang veineux : sans doute qu'ils agissent, comme le fait observer M. Magendie, en activant la circulation et l'appel du sang dans ces organes contractiles ; mais ils produisent aussi sur la circulation veineuse un effet direct que l'on peut mettre en évidence par l'expérience que j'ai faite souvent sur le cheval. L'hémodynamomètre étant fixé au segment supérieur de la jugulaire liée en travers, indique une colonne de sang haute de 80 à 95 centimètres, si la tête et l'encolure sont maintenues immobiles ; puis le sang s'y élève jusqu'à 150, 160 et même 175 centimètres, si l'on force l'animal à faire mouvoir ses mâchoires comme pour la mastication et seulement pendant 15 à 20 secondes. Ce sont ces mouvements, que l'on provoque dans les mâchoires, qui activent l'écoulement du sang dans la saignée à la jugulaire des grands animaux ; ce sont de même les mouvements de la main qui produisent sur l'homme un effet analogue quand on a saigné à la basilique.

La force totale avec laquelle le sang se meut dans les veines, quoique dérivée d'un grand nombre de causes diverses, n'est pas très considérable. Elle est beaucoup moins grande que celle du sang des artères, et d'une évaluation assez difficile, car son intensité varie très sensiblement suivant les parties du système veineux et de circonstances. L'ingénieux expérimentateur, Hales, a tenté de

l'apprécier par le secours de l'instrument qui lui avait servi à établir la tension du sang dans les artères. A cet effet, il avait mesuré les hauteurs auxquelles s'élève le sang dans un tube fixé à la jugulaire, la partie recourbée du côté de la tête, afin que le fluide reçût l'impulsion qui fait marcher le sang des radicules vers le cœur. Il trouva de cette manière que, chez une jument, le sang de la jugulaire s'éleva en trois à quatre secondes d'abord à 1 pied, puis insensiblement, et après quelques oscillations, à une hauteur de 4 pieds 2 pouces; chez un mouton, à la hauteur de 5 pieds 9 pouces, et sur divers chiens à des niveaux variables de 5 à 8 pieds, c'est-à-dire aussi et quelquefois même plus élevés que ceux du sang de la carotide. Mais le procédé, bon en lui-même, devenait très défectueux par son mode d'application. Il gênait beaucoup et interrompait quelquefois le cours du sang dans la veine, de telle sorte que celle-ci, distendue et gonflée, donnait une tension à son contenu bien supérieure à la tension normale. Aussi Hales essaya-t-il de le modifier en adaptant latéralement l'hémodynamomètre, afin de laisser entièrement libre la circulation dans la jugulaire. Alors le sang ne s'éleva plus, sur un chien, qu'à la hauteur de 9 pouces et demi; tandis que celui de la carotide du même animal arriva à celui de 5 pieds. C'est d'après ces vues, que j'ai fixé sur le cheval l'hémodynamomètre à de fortes collatérales de la jugulaire, très près de leur insertion, pour que celui-ci vînt en affleurer la circonférence interne. Le liquide s'est élevé seulement à une hauteur de 5 à 10 centimètres. Au contraire, quand je fixais l'instrument dans la veine, au-dessus d'une ligature qui y interceptait le cours du sang, le niveau s'élevait de 1 mètre et demi à 2 mètres, au moment des efforts.

La pression que le sang exerce normalement sur les parois de la veine jugulaire élève donc une colonne de ce fluide à la hauteur de 10 centimètres; elle représente conséquemment à peu près la vingtième partie de celle que le sang rouge exerce sur les parois artérielles. J'ai vu que cette pression élève le sang à une hauteur de 1 à 3 décimètres dans les divisions principales de la grande mésaraïque du cheval. La pression anormale que ce sang noir peut exercer sur les parois de la jugulaire, par exemple quand cette veine peu anastomotique est liée, est peu inférieure à celle du sang sur les parois artérielles. Il importe, dans les expériences, de bien établir cette distinction, dont plusieurs physiologistes ne soupçonnent pas l'utilité.

Le cours du sang veineux est modifié, sous le rapport de sa direction et de sa vitesse, par la présence des valvules et par les anastomoses que les veines établissent entre elles. Il l'est aussi d'une manière très remarquable sous l'influence des mouvements respiratoires.

Les valvules veineuses, découvertes en 1574 par Fabrice d'Aquapendente, jouent un rôle important dans la circulation du sang noir. Cependant elles ne sont point indispensables, car elles manquent en beaucoup de points du système veineux. On n'en trouve pas en effet dans le tronc des veines caves antérieure et postérieure, dans celui de la veine porte depuis l'anneau du pancréas, dans les veines sus et sous-hépatiques, dans les veines pulmonaires (1). Elles existent dans les veines sous-cutanées, dans celles du tronc, des membres et des viscères. Chez le cheval

(1) Haller en indique dans les veines pulmonaires du chien et du mouton, Monro dans celles du bœuf, Lauth dans celles de l'homme. Je n'ai pas encore pu reconnaître leur existence.

j'en ai compté sept rangs à la jugulaire, de deux chacun, et non de trois, comme on le dit dans les traités sur l'anatomie des animaux domestiques, depuis le golfe jusqu'à la jonction de la faciale avec la glosso-faciale; six rangs dans celle-ci, à partir de l'extrémité de l'épine maxillaire; huit rangs dans l'humérale, dix dans la veine de l'ars, quatorze dans la radiale interne superficielle; dix-sept dans la sous-cutanée thoracique, dont l'extrémité antérieure est souvent comprimée entre l'épaule et les parois costales. On en trouve vingt-trois dans la saphène, six dans la fémorale; il y en a même dans le cheval à l'entrée de l'émulgente, dans laquelle on a admis un reflux particulier, d'abord un large repli semi-lunaire, libre en avant et placé sur le même plan que la paroi de la veine cave, puis il y a, plus en dehors encore, une ou deux valvules assez larges. Elles sont fort nombreuses dans les veines sinueuses du fourreau, dans les veines abdominales, etc.; beaucoup moins dans les cardiaques, les ovariennes, les utérines, les gastriques, la splénique, la grande et la petite mésaraïques.

Ces replis demi-circulaires de la membrane interne des veines, disposés le plus souvent deux à deux et très rarement trois à trois, ont leur bord adhérent convexe tourné du côté des capillaires et inséré sur une partie qui devient saillante, sous forme de bourrelet, quand le vaisseau est très dilaté; leur bord libre regarde vers le cœur. Dans les circonstances ordinaires, c'est-à-dire lorsque le cours du sang s'opère librement vers le cœur, dans la veine modérément remplie, les valvules sont très rapprochées de ses parois internes, ou même en contact avec elles. Au contraire, lorsque le sang éprouve quelque difficulté à progresser vers le centre et que la veine se distend; les valvules s'éloignent des parois de cette dernière, s'inclinent l'une vers l'autre, se rapprochent et forment ainsi des cloisons qui s'opposent, dans de certaines limites, au reflux du sang des troncs vers les radicules. La rétrogradation n'est généralement pas empêchée d'une manière absolue, car les valvules d'une même paire viennent rarement se mettre en contact l'une avec l'autre par leur bord libre, au point de fermer entièrement la lumière du vaisseau; elles laissent presque toujours au centre un léger écartement par lequel une petite quantité de sang peut refluer vers les radicules.

Il est à noter que les valvules sont très grandes au point où une branche s'abouche dans un tronc ou à la jonction de deux ou d'un plus grand nombre de grosses veines. Souvent alors elles se présentent sous la forme de grandes lames semi-lunaires, qui se détachent des éperons résultant de la jonction de deux veines, comme on en voit de très beaux exemples à la réunion des deux jugulaires et des humérales avec la veine cave antérieure. Ces lames se trouvent là si longues, chez le cheval par exemple, que les liquides poussés dans la jugulaire ne passent pas immédiatement et avec facilité dans les brachiales; ils n'y refluent qu'après une certaine distension de la veine cave antérieure.

Les valvules, quand elles existent dans les anastomoses des veines, affectent une disposition telle que le sang peut passer d'une veine dans l'autre, ou marcher dans une même veine suivant deux directions opposées. Ainsi la mammaire, si volumineuse chez la vache, a le bord libre de ses valvules dirigé vers le thorax dans sa partie antérieure, et vers le bassin dans sa partie postérieure; d'où il résulte que dans sa moitié antérieure le sang marche d'arrière en avant pour se porter dans

la thoracique interne, tandis que dans sa moitié postérieure il va d'avant en arrière se joindre au courant de la veine crurale. La même chose se produit pour l'anastomose des abdominales antérieure et postérieure, pour les intercostales ouvertes en haut dans l'azygos, en bas dans la thoracique interne. Dans le mésentère du bœuf on voit sur une longue arcade de la mésaraïque les valvules de l'extrémité antérieure de l'arcade, montrer leur bord libre en avant, et les valvules de l'extrémité opposée présenter ce bord en arrière. Aussi le sang y suit-il deux directions inverses. Cette curieuse disposition se voit sur les petits ruminants comme sur le bœuf.

Les valvules, outre l'obstacle qu'elles opposent au reflux du sang vers les points d'où il vient, ont encore pour usage, dans certaines veines, notamment celles des membres, d'atténuer l'influence que la pesanteur exerce sur le cours du sang noir. En effet, il est évident que le sang des veines du pied, pour s'élever verticalement au niveau des veines de l'abdomen, doit vaincre la résistance produite par la pression de la colonne de sang qui lui est supérieure, laquelle a chez les grands quadrupèdes souvent 1 mètre et demi de hauteur, c'est-à-dire une pression égale au septième de la pression de l'atmosphère. Or dès que la circulation éprouve quelque gêne, et qu'il y a tendance au reflux, la colonne totale se fractionne en petites colonnes secondaires dont chacune s'appuie sur un rang de valvules abaissées. L'impulsion si faible du sang veineux n'a donc en bas qu'à vaincre la résistance de la petite fraction qui lui est immédiatement supérieure, et ainsi successivement, au lieu d'avoir à lutter contre la résistance totale. Voilà pourquoi les valvules sont si nombreuses dans les veines des membres, notamment des grands animaux. Mais cet usage n'appartient pas essentiellement à celles d'autres veines, comme les jugulaires, où elles s'opposent surtout au reflux que tendent à y provoquer les mouvements respiratoires. Cependant elles soutiennent le sang et mettent obstacle à son reflux vers la tête quand celle-ci est abaissée vers le sol pour y prendre les aliments.

Bien que les valvules mettent obstacle au reflux et à la rétrogradation du sang vers les radicules des veines, ce reflux peut se produire dans de certaines limites; d'abord dans les veines caves qui n'ont pas de valvules, et de proche en proche dans les autres plus éloignées du centre où les replis valvulaires, en s'abaissant, ne ferment pas complétement la lumière des vaisseaux. Ce phénomène, sur lequel il faut s'arrêter un instant, donne lieu à ce qu'on appelle le *pouls veineux*.

Le pouls veineux résulte du reflux qui s'opère dans les veines, du centre vers la circonférence, lorsque le sang éprouve de la difficulté à arriver au cœur. Il s'observe fréquemment sur les animaux couchés, dont la position rend la respiration pénible, sur ceux qui ont les membres liés et sur lesquels on pratique des opérations chirurgicales ou des expériences, notamment s'ils font des efforts violents pour se soustraire à la torture; on le voit encore dans les derniers moments de la vie sur les animaux expirants dont la circulation pulmonaire s'embarrasse.

Il se fait remarquer principalement à la veine jugulaire, chez les grands animaux, depuis le point où elle se dégage de dessous l'épaule jusque vers la parotide; rarement il s'étend aux deux grandes branches qui forment cette veine, c'est-à-dire à la faciale et à la glosso-faciale; Haller l'a vu quelquefois se propager jusqu'aux veines iliaques; mais je ne l'ai jamais noté bien distinctement au tronc de

la veine cave postérieure, à celui de la veine porte, ni à leurs principales branches, sur les animaux dont l'abdomen était largement ouvert.

Le mouvement ondulatoire par lequel il se traduit s'étend avec une certaine lenteur de la partie centrale de la veine vers son extrémité périphérique, et il s'accompagne d'un léger soubresaut, d'une dilatation du vaisseau sensible à travers la peau et perceptible au toucher, dilatation qui n'a pas, comme Bichat en fait la remarque, la violence d'une pulsation artérielle. Ce mouvement s'effectue à chaque inspiration; il est fort si l'inspiration est énergique, faible dans le cas contraire, brusque ou prolongé, régulier ou saccadé, suivant que la respiration présente ces caractères. Quoique toujours isochrone avec les mouvements respiratoires, on le voit cesser par moments, puis réapparaître, sans que la respiration éprouve des modifications appréciables.

Le mécanisme de ce phénomène est fort simple. Au moment de l'expiration, les parois thoraciques, revenant sur elles-mêmes, affaissent le poumon; celui-ci à son tour exerce une compression sur les veines caves pleines de sang; ces veines se compriment et leur contenu reflue en partie dans celles qui se trouvent hors du thorax. D'abord c'est un véritable reflux qui s'opère aisément dans les gros troncs dépourvus de valvules; mais bientôt ce n'est plus qu'un simple ébranlement de la colonne liquide qui est refoulée en masse vers les capillaires, comme peut l'être le contenu d'un tube incomplétement rempli que l'on incline brusquement. Alors le sang, au lieu de marcher vers le cœur, est subitement repoussé en masse vers les radicules du système veineux. Aussitôt que l'expiration cesse, le sang reprend plus rapidement son cours vers le cœur. Ce reflux n'est donc pas une circulation inverse ou rétrograde analogue à celle qu'on a imaginée pour le système de la veine porte, et dont nous parlerons tout à l'heure.

Il est facile de se rendre compte de la possibilité d'un tel phénomène, en se rappelant, d'une part, que les gros troncs veineux, celui de la veine cave antérieure, depuis le golfe des jugulaires jusqu'à l'oreillette, et celui de la postérieure, depuis cette oreillette jusqu'aux iliaques, sont dépourvus de valvules; d'autre part, que les valvules, dans les veines où elles existent, ne mettent pas un obstacle absolu au retour momentané du sang vers les points d'où il vient. Tous les jours, en poussant de l'injection dans la jugulaire de la tête vers le cou, l'autre jugulaire, les veines du membre thoracique jusque vers le carpe, la veine cave postérieure, les iliaques, etc., se remplissent souvent fort bien, soit sur les animaux tués par effusion de sang, soit sur ceux dont le système veineux est plus ou moins gorgé, et cela sur le cheval, le bœuf, le chien, de même que sur le lion, comme nous l'avons vu tout récemment, M. Goubaux et moi.

La première cause du pouls veineux, c'est-à-dire la pression du poumon sur le cœur et les gros vaisseaux au moment de l'expiration, est donc toute mécanique. Elle n'est pas la seule. Le reflux dépend aussi des contractions des oreillettes, qui repoussent vers les veines une partie de leur contenu, et suspendent ainsi momentanément l'abord de ce fluide dans leur cavité. Bichat, qui avait nettement reconnu sous ce rapport l'influence de la systole des oreillettes, croyait que dans certaines circonstances ce pouls veineux pouvait être produit uniquement par l'ac-

cœur. J'ai observé, en effet, plusieurs fois sur le cheval qu'après la section

de la moelle, en arrière de l'occipital, et par conséquent après la suspension complète des mouvements respiratoires, le pouls veineux de la jugulaire restait fort sensible pendant quelques instants.

En combinant ces deux influences, on arrive à établir rationnellement qu'il y a deux pouls veineux, l'un, plus fort, dépendant des mouvements respiratoires et isochrone avec l'expiration; l'autre, plus faible, à peine sensible, dérivant des mouvements du cœur et coïncidant avec la systole des oreillettes. Ce dernier, qui est simplement l'exagération d'un phénomène constant, est trop peu marqué pour se distinguer de celui qui dérive du mécanisme respiratoire; néanmoins il est fort appréciable à la jugulaire du bœuf, mise à découvert, à la partie inférieure de l'encolure.

La stase et l'ébranlement qu'éprouve le sang des veines centrales au moment de l'expiration, en s'étendant de proche en proche, déterminent un gonflement sensible dans les sinus cérébraux et rachidiens. C'est à ce gonflement que sont dus l'un des mouvements du cerveau et un mouvement analogue que M. Magendie a observé dans la moelle épinière.

D'après ce que nous venons de voir, il est facile de juger des résistances nombreuses apportées au cours du sang veineux. Un coup d'œil jeté sur les différentes parties du système vasculaire à sang noir nous montrerait encore un grand nombre d'autres causes accessoires qui mettent obstacle à la progression des fluides; il nous ferait sentir aisément l'utilité des nombreuses anastomoses qui existent entre les veines; mais ces détails se présentent assez nettement à l'esprit pour qu'il ne soit pas nécessaire de les indiquer ici. Passons à l'examen de sujets plus importants.

III. Des particularités de la circulation veineuse.

Le cours du sang noir offre dans plusieurs parties de l'organisme, telles que les centres nerveux, les viscères digestifs, les tissus érectiles, des modifications remarquables qui méritent de fixer l'attention du physiologiste.

§ I. — Du cours du sang dans les veines de l'encéphale et de la moelle épinière.

Les vaisseaux qui sont destinés aux centres nerveux affectent les dispositions les plus propres à modérer les effets de l'impulsion du sang artériel et à prévenir la compression que pourrait exercer le sang veineux. Les artères qui arrivent à ces parties décrivent des flexuosités avant de pénétrer dans le crâne, puis parvenues à cette cavité, elles s'y divisent et s'y anastomosent pour former sous le cerveau le cercle de Willis, et chez plusieurs espèces, les réseaux admirables précédemment indiqués; enfin, elles se subdivisent à l'infini dans l'épaisseur de la pie-mère et ne pénètrent la substance encéphalique qu'après avoir atteint un haut degré de ténuité. Les veines y présentent une disposition encore plus remarquable. Les radicules émanées des capillaires des parties profondes, se réunissent en veinules assez fines, étalées et anastomosées dans les plexus choroïdes. Celles des couches superficielles parviennent à la pie-mère et y forment un riche réseau. Puis toutes, avant de sortir du crâne, s'ouvrent dans des réservoirs connus sous le nom de *sinus*, lesquels sont

constitués par des replis de la méninge fixés solidement aux os du crâne et susceptibles d'une ampliation qui ne doit pas dépasser certaines limites. Le sinus longitudinal étendu depuis la crête ethmoïdale jusqu'à la tente du cervelet, et compris entre les deux lames du repli falciforme, reçoit d'abord le sang des plexus choroïdes du cerveau par des veines fasciculées qui traversent, dans les solipèdes, une petite ouverture arrondie à l'extrémité postérieure du corps calleux, et en second lieu, il reçoit sur toute la longueur du bord interne des hémisphères, un grand nombre de veinules renfermées dans de petits tubes arachnoïdiens, veinules dérivées de la pie-mère des lobes cérébraux. Les sinus transverses assez étroits, logés dans l'épaisseur d'une partie de la tente du cervelet, communiquent avec le premier et reçoivent les veinules du cerveau et du cervelet; enfin, le sinus coronaire ou sus-sphénoïdal qui entoure la glande pituitaire devient l'abouchement des veines des plexus choroïdes du cervelet, et de celles de la pie-mère qui recouvre les parties inférieures de l'encéphale.

Par suite de cette singulière disposition, dès qu'une veinule perd sa ténuité, elle se rend aux plexus choroïdes si elle est interne, ou à la pie-mère si elle est externe. Là, tout à fait en dehors de la pulpe nerveuse, elles peuvent acquérir un peu plus de volume, puis une fois qu'elles ont atteint un certain diamètre, elles vont s'ouvrir dans les sinus qui communiquent tous ensemble. De ceux-ci s'échappent: 1° la veine satellite de la carotide interne qui sort du crâne par le trou déchiré; 2° la veine du conduit pariéto-temporal; 3° la veine du trou condylien; 4° enfin, la satellite de la cérébro-spinale qui sort par l'une des deux perforations supérieures de l'atlas, lesquelles vont se dégorger dans la jugulaire.

On conçoit très bien que ces dispositions remarquables aient pour résultat de prévenir les effets qui résulteraient de la stagnation du sang dans les veines encéphaliques et de leur gonflement, lorsque la circulation veineuse est embarrassée ou quand le pouls veineux devient très fort. Dans ces deux conditions, si les veines cérébrales étaient disposées comme celles des autres organes, leur gonflement produirait une compression de l'encéphale incompatible avec l'exercice régulier de ses fonctions; mais comme tous ces vaisseaux s'ouvrent dans les sinus avant d'avoir acquis un volume considérable, et que les sinus à parois fibreuses résistantes, fixées aux os, ont une ampliation limitée, la stase du sang dans leur intérieur ne peut pas habituellement exercer de compression fâcheuse. Enfin, les communications établies entre ces sinus permettent au sang, s'il est en excès dans l'un, de passer dans les autres et de s'y mettre en équilibre. De plus, la multiplicité des veines qui emportent dans les jugulaires le contenu des sinus, assure à ce fluide un déversement facile toujours libre, même lorsque le cours du sang est gêné ou interrompu dans l'une d'elles.

Les divers sinus veineux du crâne sont, comme les gros troncs veineux les plus rapprochés du cœur, le siége d'un soulèvement et d'un affaissement alternatifs dépendant des mouvements respiratoires qu'il est facile de reconnaître en perforant, à l'aide du trépan, les os du crâne au niveau du sinus falciforme. Alors en appliquant l'extrémité du doigt sur la paroi externe de ce dernier, on sent qu'il se gonfle à chaque expiration, et, au contraire, qu'il se déprime ou s'affaisse à chaque inspiration. Il se gonfle dans le premier temps par suite de l'arrêt momentané et du reflux du sang

dans les veines ; il s'affaisse dans le second par le rétablissement du courant sanguin vers le cœur et par la déplétion qu'il éprouve. Si l'on fait une petite ouverture à ce sinus, le sang s'en échappe par un jet saccadé, faible pendant l'inspiration, plus fort pendant l'expiration. Ce fluide s'en écoule en masse et d'une manière intermittente dès qu'on vient à agrandir l'ouverture. Peut-être pourrait-on retirer de bons effets d'une saignée faite de cette manière au sinus dans les affections cérébrales ; elle pourrait être arrêtée par l'application d'un petit disque de liége à l'ouverture du trépan et renouvelée à volonté.

Indépendamment de ces deux mouvements isochrones avec les mouvements respiratoires, les sinus éprouvent encore un léger affaissement à chaque diastole des oreillettes, et un faible soulèvement à chaque systole de ces mêmes cavités ; mais ces derniers, beaucoup plus nombreux que les autres, sont trop faibles pour être appréciés nettement. Il est probable qu'ils deviendraient sensibles immédiatement après la section de la moelle allongée, au niveau de l'occipital, tant que les battements du cœur conserveraient une certaine force, puisque alors la suspension du mécanisme respiratoire ferait cesser les premiers.

La circulation dans la moelle épinière est modifiée suivant les mêmes lois que celle de l'encéphale. Le sang est apporté à cet organe par la cérébro-spinale, par les rameaux de la vertébrale, au niveau des trous de conjugaison des vertèbres cervicales, par ceux de toutes les intercostales, de toutes les lombaires et des sous-sacrées qui forment, dans l'épaisseur de la pie-mère, celles du côté droit avec celles du côté gauche, de nombreuses anastomoses et une chaîne continue en communication avec les artères encéphaliques, chaîne dont les divisions étalées à la surface du cordon rachidien ne pénètrent sa substance qu'après avoir acquis une ténuité extrême. Le sang qui revient de cet organe est charrié par des veinules très déliées qui se rendent au réseau de la pie-mère dès qu'elles acquièrent un certain diamètre. De là, elles vont se dégorger dans deux grands sinus, placés, l'un à droite, l'autre à gauche en dehors de la méninge et à la partie inférieure du canal vertébral. Chacun de ces sinus, qui s'étend d'une extrémité du rachis à l'autre, est élargi au niveau de la partie moyenne des vertèbres et rétréci en regard des trous de conjugaison, il a des parois peu extensibles, solidement fixées aux vertèbres et au ligament vertébral commun supérieur, et sa cavité est dépourvue de replis valvulaires. Ces sinus, qui antérieurement communiquent avec ceux de l'encéphale, se dégorgent successivement dans la cérébro-spinale, dans la vertébrale, dans les sous-dorsales, dans l'azygos, les lombaires et les sous-sacrées, par des branches qui s'en détachent au niveau des trous de conjugaison. Par ces nombreuses voies de déversement, le sang noir peut aisément reprendre son cours vers le cœur, sans éprouver de stase nuisible à la moelle.

Les sinus dans lesquels ce fluide se rassemble avant de sortir du canal rachidien, éprouvent aussi, comme ceux du crâne, un gonflement et un affaissement alternatifs subordonnés aux mouvements respiratoires. Aussi, la moelle épinière s'élève et s'abaisse tour à tour, comme l'a observé M. Magendie, par suite de la distension et de la déplétion des sinus rachidiens.

§ II. — Du cours du sang dans le système de la veine porte.

La veine porte, dérivée de tous les organes digestifs renfermés dans l'abdomen, de l'estomac, de l'intestin, de la rate et du pancréas, offre ceci de très remarquable, qu'après s'être constituée en un tronc volumineux, elle va se diviser dans le foie, y aboutir à un système capillaire, duquel naissent des veines de plus en plus grandes destinées à reprendre le sang de la veine porte et à le verser dans la veine cave postérieure, lors de son passage dans la grande scissure hépatique antérieure. Seule parmi toutes les veines, elle est pourvue de deux systèmes capillaires, l'un à son origine, l'autre à sa terminaison. Dans l'une de ses moitiés, le sang progresse des capillaires et des branches vers le tronc; dans l'autre, ce fluide marche du tronc vers les branches et les capillaires. Dans sa première moitié, la circulation a lieu comme celle des autres veines; dans la seconde, elle se fait comme celle des artères. Ce système remarquable représente ainsi un arbre complet ayant son tronc très court, ses racines dans les viscères digestifs, et ses branches dans le foie.

Dans les solipèdes, la veine porte est formée : 1° par la veine rectale et les quatre ou cinq veines du côlon flottant qui se réunissent pour former la petite mésaraïque; 2° par les deux grosses veines du côlon replié, les deux veines du cœcum, les seize ou dix-huit branches de l'intestin grêle de la réunion desquelles résulte la grande mésaraïque; 3° par la splénique qui rassemble les divisions de l'estomac et de la rate ; 4° enfin, par de petites branches pancréatiques et épiploïques. Dans les ruminants, elle est constituée par la réunion de toutes les branches intestinales rassemblées en une seule mésaraïque, des deux grandes veines du rumen, de la grosse veine du feuillet et des veines de la caillette ; enfin, d'une seule splénique. Dans les carnassiers, elle dérive d'une très petite mésaraïque, de la grande mésaraïque, et enfin, d'une gastro-splénique dont la disposition rappelle celle des animaux solipèdes.

Toutes ces veines, en même nombre que les artères, dont elles suivent exactement le trajet, affectent la disposition de ces dernières. Ainsi, les branches provenant du rectum s'anastomosent avec celles du côlon flottant, celles-ci avec les branches du côlon replié; les branches du cœcum avec celles de l'intestin grêle; enfin, ces dernières avec les divisions gastriques, de telle sorte que, si dans certaines d'entre elles, la circulation est gênée, le sang peut passer dans celles où il progresse librement.

Le cours du sang dans ce système abdominal s'opère sous l'influence des forces qui mettent en mouvement ce fluide dans toutes les autres veines de l'économie. De plus, dans la partie hépatique de cette veine, c'est-à-dire depuis le tronc qui traverse l'anneau du pancréas jusqu'au système capillaire du foie, la couche musculeuse du tronc de la veine porte ajoute une nouvelle impulsion à celle que le fluide possédait en arrivant à ce point central du système. Cette couche qui commence à apparaître sur la grande mésaraïque et sur la splénique vers leur jonction au tronc, devient de plus en plus épaisse et distincte à mesure que celui-ci s'approche de la scissure postérieure du foie, et elle y acquiert dans les solipèdes et les ruminants une épaisseur considérable. Cependant, le tronc de la veine porte, ainsi rendu, ne saurait être considéré comme faisant l'office d'un agent puissant d'im-

pulsion. Il ne m'a pas semblé qu'il fût le siége de contractions rhythmiques spontanées sur le chien, où il est à découvert dans une grande étendue, et sur le cheval, ouverts vivants. Il n'a éprouvé qu'un resserrement lent et très équivoque, par suite de l'action de l'alcool et d'un acide concentré. L'application d'un courant galvanique, immédiatement après la mort, a seule produit sur le cheval une contraction manifeste, lente et prolongée dans les cas où la veine n'était pas trop distendue ni tiraillée par le poids des intestins déplacés. Tout récemment, Kölliker et Virchow (1) ont vu des lambeaux de ces veines détachés du cadavre d'un supplicié et soumis à l'excitation électrique, se contracter encore plus de deux heures après la mort. Suivant ces mêmes observateurs, cette contractilité ne serait pas limitée au tronc où les fibres musculaires sont bien évidentes ; elle aurait lieu aussi dans les branches, car ils ont noté que la mésaraïque, près de l'iléon, s'était contractée du quart de sa lumière.

La contractilité de la partie centrale de la veine porte niée par Bichat, doit être regardée, si faible qu'elle puisse être, comme une cause auxiliaire du mouvement du sang dans ce petit système. Très probablement, la pression exercée sur les viscères abdominaux par le diaphragme et les parois abdominales, les mouvements de ces muscles, ceux des intestins et de l'estomac, la distension de ces viscères, doivent favoriser cette impulsion, comme le pensait l'illustre physiologiste que je viens de citer. Il suffit, pour se convaincre de leur utile coopération au cours des fluides dans la veine porte, de voir avec quelle rapidité ses divisions spléniques, gastriques et intestinales se gonflent et deviennent variqueuses une fois que les parois abdominales enlevées n'exercent plus leur pression habituelle sur les viscères digestifs.

Le mouvement de reflux qui s'opère dans le système veineux général sous l'influence des mouvements du cœur et du mécanisme respiratoire, ne paraît guère possible dans celui de la veine porte. Ce mouvement qui, dans le premier, s'affaiblit à mesure qu'on s'éloigne du cœur et à mesure que les vaisseaux diminuent de diamètre, cesse d'être appréciable dans les petites veines, et bien avant que celles-ci aient atteint les capillaires. Or, à supposer que le reflux du sang de la veine cave se fasse sentir jusque dans les veines sus-hépatiques un peu volumineuses, il doit certainement cesser avant les capillaires qui unissent celles-ci à la veine porte ; à plus forte raison ne doit-il pas ni se propager à ces capillaires, ni s'étendre au delà. En effet, l'inspection directe ne montre là aucun indice de ce reflux, comme Bichat en avait déjà fait la remarque.

Cependant, de nos jours, on ne s'est pas contenté d'admettre l'existence si contestable de ce simple reflux commun au reste du système vasculaire à sang noir, on a prétendu que le sang de la veine pouvait progresser en sens inverse de son cours habituel, c'est-à-dire éprouver une véritable circulation rétrograde.

D'après M. Claude Bernard (2), qui est l'auteur de cette conception, le sang de la veine porte, après avoir traversé le système capillaire du foie et avoir été amené dans la veine cave postérieure par les veines sus-hépatiques, refluerait dans le tronc

(1) *Archives générales de médecine*, février 1855, p. 198.

(2) *Union médicale*, 19 et 24 septembre 1850, et note additionnelle sur la circulation hépatico-rénale, par M. Littré. (*Manuel de Physiologie*, par Müller, Paris, 1852, 2e édit., p. 792.)

de la veine cave en arrière de la scissure antérieure du foie, et de là dans la veine rénale, où il servirait à la sécrétion urinaire. Ce courant rétrograde aurait lieu pendant la digestion seulement, et la circulation reprendrait sa direction normale pendant l'abstinence. Ainsi s'expliqueraient la rapidité avec laquelle les boissons se trouvent éliminées par les urines et diverses particularités relatives au mode d'action de diverses substances vénéneuses introduites dans les voies digestives.

On conçoit très bien que le sang des viscères abdominaux, une fois parvenu à la veine cave, puisse éprouver dans le tronc de cette veine un reflux tel que celui du sang de la veine elle-même ; on conçoit que ces deux sangs mêlés puissent refluer assez loin dans la partie abdominale de la veine cave, dans la partie libre des rénales, dans la partie supérieure des iliaques. C'est là un phénomène propre à toutes les veines un peu considérables et dont nous nous sommes assez occupés précédemment pour qu'il soit inutile d'y revenir. Mais ce reflux doit être comme celui de toutes les autres parties du système veineux, régulier et subordonné aux mouvements du cœur et au mécanisme respiratoire ; il doit se faire pendant la digestion comme pendant l'abstinence, s'effectuer en masse, dans des limites restreintes, s'affaiblir et s'éteindre à mesure qu'on se rapproche des radicules ténues du système veineux. Tout cela n'a rien d'étonnant, rien de particulier, puisque les choses se passent dans l'abdomen comme dans les autres parties de l'organisme.

Dire que lors du travail digestif le sang de la veine porte change son cours habituel et progresse en arrière vers les reins au lieu de se diriger vers le cœur ; dire que ce sang, repoussé dans la portion abdominale de la veine cave, s'engage dans le tronc des émulgentes, de là dans leurs branches, pour rétrograder jusque dans les capillaires du rein et y fournir des matériaux à la dépuration urinaire ; dire enfin que les fibres musculaires du tronc de la veine cave sont destinées à porter le sang en arrière au lieu de le faire progresser vers l'organe central de la circulation, c'est avancer autant d'hypothèses invraisemblables, illogiques et entièrement dénuées de preuves sérieuses.

En effet, pourquoi le sang de la veine porte refluerait-il dans les veines pendant le travail digestif, et pourquoi reprendrait-il son cours normal pendant l'abstinence ? Si cette circulation rétrograde, hépatico-rénale, comme on l'appelle, a lieu lors de la digestion, elle doit s'effectuer d'une manière permanente chez les animaux qui, comme les ruminants, digèrent constamment. S'il y a réellement un courant qui porte le sang veineux dans le rein, il faut qu'il s'opère non-seulement dans le tronc de la rénale et de ses principales branches, mais encore dans les plus petites, et jusque dans les capillaires ; sinon, il ne saurait y servir à la sécrétion de l'urine ; car ce n'est pas le sang que renferment les gros vaisseaux qui peut être employé à cet office. Or, comment pourraient se mouvoir dans une même veine deux courants opposés : d'abord, celui du sang dérivé des artères et revenant au cœur ; puis, celui du sang, qui de la veine porte se dirigerait vers le système capillaire du rein ? Ces deux courants seront-ils simultanés ou successifs ? S'ils sont simultanés, comment pourra-t-il se faire qu'une partie des fluides de la veine marche en un sens, et l'autre partie en un sens opposé ? S'ils sont successifs, quelles seront les causes de leur alternance, les lois de leur succession ?

Les partisans de l'opinion contre laquelle j'ai été le premier à m'élever (1) n'ont pu l'étayer jusqu'ici que sur des considérations vagues, sur des expériences ambiguës et des arguments embrouillés, souvent sans rapport avec l'idée qu'ils voulaient défendre ; mais il serait inutile de les suivre ici sur un terrain que probablement ils ne tarderont pas à abandonner.

Le sang de la veine porte, pour se rendre au cœur, doit-il toujours et entièrement traverser le système capillaire du foie, ou, en d'autres termes, y a-t-il des communications directes avec le système de la veine porte et celui des veines de la grande circulation ?

La plupart des anatomistes modernes s'accordent à dire que la veine porte est dépourvue de valvules, et que, par conséquent, le sang peut y progresser dans tous les sens sous l'influence des causes susceptibles de modifier la circulation de ce petit système. Bichat, Béclard et les auteurs vétérinaires les plus récents y nient l'existence de ces replis. Cependant, depuis fort longtemps, les valvules de cette veine ont été indiquées et décrites. G. Bauhin (2) en signale à l'extrémité des mésaraïques. Colombus cité par G. Bartholin (3) en fait une mention vague au point de vue physiologique. Perrault (4) décrit et figure celles du tronc de cette veine dans une vache de Barbarie. Higmore a représenté celles de la veine splénique du bœuf et du chien. Blasius (5) a reproduit ces figures. Haller (6) a indiqué celles des rameaux mésaraïques et celles de la veine splénique du cheval. Enfin, Bourgelat (7) a décrit aussi celles des branches principales de la veine porte de ce dernier quadrupède.

Ces valvules sont fort belles et très larges en plusieurs points dans les solipèdes, les ruminants domestiques, mais elles sont peu nombreuses et assez petites chez le chat, le chien, l'hyène et le lion, parmi les carnassiers. On les trouve surtout dans la division mésaraïque qui provient du rectum, et dans les autres veines, vers leur jonction au tronc principal du système. Chez le cheval, j'en ai compté deux ou trois rangs dans les gastriques, vers leur extrémité centrale ; six ou sept dans la splénique, à partir de la pointe de la rate ; le dernier rang, qui est composé de trois grosses valvules, se trouve tout à fait à la jonction de cette veine avec le tronc de la porte ; deux ou trois rangs vers l'extrémité centrale de la grande veine du côlon replié ; trois rangs dans l'une des cœcales ; cinq à six rangs dans les branches de la petite mésaraïque provenant du côlon flottant ; et enfin, douze à quinze rangs dans la petite mésaraïque, depuis le point où elle traverse la tunique du rectum, jusqu'à son anastomose avec la grande mésaraïque. Il n'y en a dans les branches de l'intestin grêle qu'à leur embouchure, et aucune trace dans leurs grandes arcades anastomotiques, où le sang peut à la fois se diriger en avant et en arrière.

Chez le bœuf, où elles sont très grandes et également disposées par paires, j'en ai trouvé neuf rangées dans la gastrique droite qui longe la grande scissure supérieure

(1) *Recueil de médecine vétérinaire*, t. X, 3e série, p. 955.
(2) *Anatomes Casp. Bauhini.* Basileæ, p. 355, 356.
(3) *Instit. anat.*, trad. du Prat. Paris, 1647.
(4) *Mémoires pour servir à l'histoire des animaux.* Paris, 1676.
(5) *Anatome animalium.* Amsterdam, 1681, p. 334 et 364.
(6) Cuvier, *Leçons d'anat. comp.*, 2e édit., t. VI, p. 280.
(7) *Précis anatomique du corps du cheval*, 4e édit., 1807, p. 308.

du rumen ; cinq à six rangées dans la gastrique gauche de la scissure longitudinale inférieure du même réservoir, et plusieurs dans les collatérales postérieures que ces veines reçoivent des scissures transverses ; neuf rangées dans la veine de la grande courbure du feuillet ; six dans la veine intermédiaire au réseau et au feuillet ; trois dans la veine de la grande courbure de la caillette ; quatre dans celle du duodénum ; deux dans la splénique ; quatre dans le tronc principal de la mésaraïque ; deux à quatre rangées dans les collatérales de cette dernière.

Les replis valvulaires peu nombreux dans la veine porte, relativement aux autres veines, sont tellement distribués, que, d'une part, ils tendent à mettre obstacle au reflux du sang du tronc dans ses afférents, comme la petite, la grande mésaraïque et la splénique ; d'autre part, à rendre difficile le passage de ce fluide d'une grande branche dans une petite, et des principales, les unes dans les autres ; enfin, leur multiplicité vers les points où le système de la porte va contracter des anastomoses avec les radicules des veines hémorrhoïdales appartenant à la veine cave postérieure, rend aussi difficile que possible le passage du sang d'un système dans l'autre. Néanmoins, il n'y a pas dans tout cela des obstacles invincibles à ces communications. La matière à injection poussée dans l'une des branches de l'intestin grêle passe dans toutes les autres, arrive au tronc qu'elle remplit, et se disséminc de là dans toutes les parties du système, au point que souvent les arborisations des parois intestinales sont injectées jusque vers leurs radicules les plus ténues que l'œil puisse apercevoir. Seulement, les branches rectales ne se remplissent jamais jusqu'à leur origine, et la matière ne parvient pas dans les anastomoses. Les choses se passent ainsi chez les ruminants comme chez les solipèdes, certains carnassiers, comme le chien, le chat et le lion, et le système s'injecte de même, mais moins bien, si on pousse les matières du tronc vers ses afférents.

Il y a donc, malgré les valvules, possibilité du passage du sang d'une veine à toutes les autres du même système. Reste à voir si la totalité ou une partie de ce fluide pourrait revenir au cœur sans traverser le système capillaire du foie. Or, ce phénomène est possible s'il y a des anastomoses directes entre la veine porte et la veine cave, soit dans le foie même, soit en dehors de cet organe. Il peut avoir une immense utilité lorsque le tissu hépatique a perdu de sa perméabilité sous l'influence de divers états morbides, ou lorsque le tronc de la veine porte est le siége d'une phlébite purulente qui paraît y mettre obstacle au cours du sang.

Les anastomoses entre la veine porte et la veine cave dans le tissu du foie ont été admises depuis fort longtemps par quelques anatomistes célèbres. Bauhin signale particulièrement une anastomose considérable susceptible de recevoir une grosse sonde et établissant une continuité entre la veine porte et la veine cave. G. Bartholin (1), qui en fait mention, la figure dans son livre. Th. Bartholin (2) reproduit cette figure et en donne une autre où plusieurs grandes anastomoses sont très nettement représentées. Enfin, tout récemment, M. Claude Bernard (3) a décrit sur le cheval et le mouton, ces voies anastomotiques dont les modernes paraissaient avoir perdu le souvenir. D'après M. Claude Bernard, plusieurs branches de la veine

(1) *Ouv. cit.*, p. 98 et 103.
(2) *Anatomia*, etc. Lugd. Batav., 1651, p. 85, 88 et 407.
(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 3 juin 1850.

porte, au moment où elle pénètre dans la scissure inférieure du foie, se dirigent à la surface du tronc de la veine cave, y forment un réseau, puis se divisent en deux ordres de rameaux : les uns qui continuent à se diviser et à devenir capillaires, les autres, qui, au contraire, conservent un calibre considérable et vont s'aboucher dans le tronc de la veine cave, de telle sorte qu'une partie du sang de la veine porte peut passer immédiatement dans cette dernière veine et revenir au cœur sans être obligé de traverser le système capillaire hépatique.

De telles anastomoses me paraissent être des fictions. J'ai injecté plusieurs fois de solipèdes et de ruminants pour les mettre en évidence. La matière poussée par la veine porte, si elle était grossière, ne parvenait pas ou ne parvenait qu'en petite quantité dans la veine cave, faute de pouvoir traverser les capillaires : elle serait arrivée aisément dans cette dernière s'il y avait eu des communications directes entre les deux troncs vasculaires! J'ai ensuite injecté successivement la glande par la veine porte et par la veine cave de manière à remplir tous ses vaisseaux, puis j'ai détruit par de longues manipulations tout le parenchyme afin de mettre à nu les vaisseaux. Alors, j'ai pu suivre avec soin les branches de la porte qui forment un réseau à la surface du tronc de la veine cave et dont un grand nombre se trouvent accolées à ses parois, mais j'ai reconnu très nettement que toutes se divisaient peu à peu et devenaient capillaires : aucune d'elles ne s'ouvrait directement dans le tronc de la veine cave. Les grandes ouvertures qui se voient à l'intérieur de celle-ci sont les orifices des veines sus-hépatiques émanées du système capillaire. Conséquemment, le sang de la veine porte, pour se rendre à la veine cave, doit donc entièrement traverser les capillaires du foie.

Cependant, chez le cheval, une partie du sang amené au foie par la première de ces veines, peut se rendre dans le système veineux général sans être obligé de suivre la filière des capillaires. Ce sang, parvenu vers la région moyenne de l'organe, est charrié par un ou plusieurs vaisseaux qui se dirigent vers le ligament du lobe droit du foie, glissent entre ses deux lames, s'y divisent souvent et viennent enfin s'anastomoser à plein canal avec la veine asternale droite, laquelle communique elle-même d'une part avec la circonflexe iliaque, et d'autre part avec les intercostales correspondantes. Cette anastomose que j'ai découverte se voit très bien dans l'épaisseur du ligament du lobe droit ; ordinairement, elle se compose de branches qui, remplies de sang ou de matière à injection, offrent le diamètre d'une plume de corbeau ; quelquefois elle est constituée par une seule veine du volume d'une plume d'oie. Dans tous les cas, elle s'injecte fort bien en poussant la matière même assez grossière par une des racines de la veine porte, et la matière se propage assez loin dans la veine asternale. Par l'intermédiaire de cette anastomose remarquable, une partie du sang de la veine porte, dispensée de traverser le système capillaire hépatique, se rend dans l'asternale, de là dans la thoracique interne, et enfin, dans la veine cave antérieure, d'où elle est versée dans le cœur droit. Les anastomoses que je signale ici n'ont rien de commun avec ces canaux biliaires et ces vaisseaux sanguins arborisés que l'on voit souvent sur une grande étendue du ligament droit du cheval, lorsque la substance glandulaire de ce lobe est entièrement détruite dans une certaine étendue vers son extrémité, accident que j'ai observé fréquemment sur les solipèdes, et dont l'homme offre aussi des exemples, car Ferrein

et Haller (1) ont vu des canaux hépatiques et des veines sortir de la substance du foie et se porter assez loin dans l'épaisseur du ligament où ils se terminaient après s'être capillarisés.

Un second ordre de communications permet à une petite partie du sang de la veine porte de passer dans le système veineux général : ce sont les anastomoses établies entre les racines rectales de la petite mésaraïque et les racines des veines anales ou hémorrhoïdales. Cuvier et M. Duvernoy (2) signalent cette communication comme générale et extrêmement développée chez les vertébrés ovipares. Néanmoins, elle l'est très peu dans nos espèces domestiques. Les injections que j'ai poussées dans l'ensemble du système abdominal par l'une des branches de l'intestin grêle l'ont rempli à peu près exactement ; mais l'injection n'est jamais allée au delà du point où les racines de la petite mésaraïque traversent la tunique musculeuse du rectum pour constituer la veine du méso-rectum. Au delà de ce point, les racines sont ténues et forment un réseau entre la muqueuse et la membrane charnue ; or, c'est seulement par les ramuscules de ces racines que la petite mésaraïque se met en continuité avec les veines anales qui appartiennent au système des veines caves. Conséquemment, la communication est étroite, et impropre à donner passage, du moins dans l'état normal, à une quantité considérable de sang ; d'autant plus que de nombreuses valvules se trouvent précisément rassemblées dans les branches de la petite mésaraïque par lesquelles les deux systèmes veineux s'ouvrent l'un dans l'autre.

Une troisième espèce de communication est établie entre la veine porte et le système vasculaire général à sang noir. Les ramifications antérieures des veines gastriques se continuent avec les branches postérieures de la veine œsophagienne qui côtoie le cardia, suit l'œsophage entre les deux lames du médiastin et vient s'ouvrir dans l'azygos, au point où celle-ci s'incurve pour se jeter dans l'oreillette droite.

A l'aide de ces anastomoses, qui peuvent se dilater à la longue sous l'influence de causes diverses, le sang du système de la veine porte trouve des voies pour revenir au cœur, comme cela est nécessaire dans le cas de phlébite des parties centrales de cette veine avec obstruction du tronc, cas dont j'ai déjà parlé au sujet de l'absorption. Toutefois, il importe de noter que dans l'état normal elles sont insuffisantes pour donner issue à tout le sang que les artères cœliaques et mésentériques distribuent aux organes digestifs. En effet, j'ai constamment vu mourir au bout de quelques heures les chevaux et les chiens auxquels j'avais lié le tronc de la veine porte immédiatement avant son entrée dans la scissure hépatique. Le sang apporté par les artères distendait énormément tous les vaisseaux, s'extravasait dans les mésentères, s'infiltrait entre les tuniques intestinales et venait s'exhaler à l'intérieur de l'intestin. Je n'ai pu, également, prolonger au delà de quelques heures la vie des chiens chez lesquels un tube fixé au tronc de la veine porte versait dans l'une des émulgentes, et de là dans le tronc de la veine cave, le sang des viscères digestifs.

Quant aux communications très fines que Retzius a signalées dans l'espèce humaine entre des veines du côlon et des branches de la veine cave, elles ne paraissent

(1) Müller, *Manuel de physiologie*. Paris, 1851, 2e édit., t. I, p. 364.
(2) *Leçons d'anat. comp.*, t. VI, 2e édit., p. 264.

pas exister chez nos animaux domestiques, du moins chez le cheval et le chien. L'habileté du savant anatomiste qui les a vues ne permet pas de douter de leur existence, bien qu'elles soient extrêmement déliées et injectables seulement à l'aide de matières très pénétrantes. Toutefois, je dois faire observer qu'il peut s'offrir aux yeux de l'observateur plusieurs causes d'illusion à cet égard. Quand on pousse une injection ténue dans la porte, par l'une des branches intestinales, le système tout entier se remplit, le foie prend un aspect magnifique si l'injection a une couleur qui tranche sur la teinte hépatique, la matière traverse le système capillaire, où parfois elle se décolore, puis elle arrive dans la veine cave postérieure par les veines sus-hépatiques. De là, si la veine cave est liée en avant du diaphragme, elle reflue dans la partie abdominale, les émulgentes, les lombaires jusqu'aux sinus rachidiens, les iliaques, etc.

Le cours du sang dans la veine porte peut-il être modifié par la rate que l'on a depuis longtemps considérée comme un diverticulum? C'est là une question sur laquelle on a beaucoup disserté sans avoir pu jusqu'ici lui donner une solution précise.

On sait depuis longtemps que le volume ou l'état de turgescence de la rate peut varier dans de très grandes proportions. Haller a noté le gonflement de cet organe à la suite de la ligature du tronc de la veine porte; Boyer, cité par M. Bérard, dit que la rate se distend rapidement si l'on comprime la veine splénique, et s'affaisse lorsque la compression cesse. Lieutaud a prétendu que cet organe diminuait de volume pendant que l'estomac était plein d'aliments, et qu'il se gonflait dans les intervalles de la digestion, lors de la vacuité du réservoir gastrique; Home a avancé qu'il devenait plus volumineux par suite du passage dans son intérieur des fluides absorbés dans le réservoir gastrique. M. Goubaux a reproduit cette dernière opinion d'après des expériences faites sur le chien et le cheval. Enfin, on a signalé diverses conditions dans lesquelles le volume du viscère change très sensiblement. Ce volume augmente sous l'influence des courses rapides, des accès de fièvre intermittente; il devient énorme chez les animaux ruminants qui meurent du *sang de rate*, etc.

Le fait des variations du volume de la rate s'explique aisément dans la plupart des circonstances où il a été observé. La rate se congestionne après la ligature de la veine porte, comme tous les autres organes digestifs qui, dans cette circonstance, ne peuvent plus se débarrasser du sang qu'ils reçoivent; elle se congestionne plus que les autres à cause de la dilatabilité de ses vaisseaux et des propriétés érectiles de son tissu; elle se gonfle lors de la compression de la veine splénique, pour la même raison; elle peut devenir plus volumineuse sous l'influence de la course par suite de la difficulté que le sang veineux éprouve, de même que dans tous les autres efforts, à revenir aux cavités du cœur; elle se gonfle sensiblement quand l'abdomen est ouvert, attendu que dans cette circonstance, les vaisseaux des viscères, soustraits à la pression des parois abdominales, se distendent et ne réagissent plus avec leur énergie habituelle sur le sang qu'ils contiennent. La rate, d'un tissu mou, aréolaire, très expansible, se prête aisément à ces variations. Il suffit de pousser de l'air dans la veine splénique du cheval pour voir l'organe doubler et bientôt tripler de volume. Sa longueur peut être alors portée de 50 centimètres à 70, et son volume, de 1 à 5 décimètres cubes. Puis dès qu'on cesse l'insufflation, la rate s'affaisse et revient sur elle-même en vertu de son élasticité. Pendant la vie ou immé-

diatement après la mort, elle paraît jouir, avec l'élasticité, d'une contractilité spéciale que plusieurs observateurs ont mise en jeu à l'aide de l'électricité, contractilité due à des fibres musculaires signalées par Kölliker.

Mais quant aux changements de volume qui seraient en relation avec la plénitude ou la vacuité de l'estomac, la digestion ou l'abstinence, l'absorption des boissons, etc, ils ne sont nullement démontrés. On ne sait pas encore si la rate est plus volumineuse pendant le travail digestif que dans les intervalles de la digestion ; si elle est plus gonflée quand l'absorption des liquides s'effectue que dans les circonstances opposées. Rien de précis ne se trouve à cet égard dans les auteurs, et, pour ma part, je n'ai, jusqu'à ce jour, saisi aucune relation entre le volume plus ou moins considérable de cet organe et l'état des animaux ouverts vivants ou immédiatement après la mort. Tout ce que j'ai pu voir, c'est que les variations dans le volume de la rate sont moins grandes qu'on ne le pense généralement po ur des animaux de même espèce et de même taille ; elles sont même peu marquées entre les sujets tués par effusion de sang et ceux que l'on sacrifie sans hémorrhagie.

Les expériences très consciencieuses de M. Goubaux (1) ne prouvent nullement que les liquides absorbés par l'estomac soient portés dans la rate où ils s'accumuleraient pendant un certain temps et en certaine quantité. En effet, le gonflement énorme et la teinte pâle de la rate d'un cheval auquel on venait de faire boire 25 litres d'eau après ligature préalable du pylore, ne sauraient faire penser que cet état fût le résultat du passage dans la rate de liquides absorbés dans l'estomac. D'une part, l'estomac du cheval n'absorbe pas d'une manière sensible, et s'il absorbe, c'est avec une extrême lenteur. D'autre part, à supposer que l'absorption saisisse dans cet organe une très faible quantité de liquide et que celle-ci soit transportée dans la rate, elle serait insuffisante pour augmenter sensiblement les proportions de ce dernier viscère. La turge scence de la rate observée sur les chiens dont l'abdomen est largement ouvert, l'esto mac plein de liquide et la masse gastro-intestinale exposée à l'air, ne prouve pas que cet état dérive du fait de l'absorption des boissons et de leur afflux dans la rate, car cet organe se tuméfie quand les parois abdominales sont enlevées et que les viscères digestifs sont soustraits à la pression exercée normalement sur eux ; elle se congestionne alors comme l'estomac, l'intestin, et plus encore que ceux-ci, à cause de son extrême vascularité. Enfin, la présence au bout de quelques minutes, dans le sang de la rate, du cyanure de fer et de potassium injecté dans l'estomac, n'est pas une preuve que le sel y ait été porté par un courant veineux rétrograde. Pour qu'on puisse admettre un transport de cette nature, il faudrait trouver le cyanure dans la rate avant de le reconnaître dans le reste du corps. Sans cela, n'est-il pas rationnel de croire que cette substance, absorbée par les voies ordinaires, a été distribuée ensuite par les artères à toute l'économie, à la rate comme aux autres organes? Du reste, en supposant même que le cyanure puisse être trouvé dans les veinules qui de la rate vont se jeter dans le tronc de la splénique avant de se rencontrer ailleurs, il serait impossible de tirer de ce fait un argument d'une grande valeur, car, lorsqu'on ouvre ces veinules longues de quelques centimètres, la diminution de pression dans le point blessé fait affluer le sang

(1) Lecture à la *Société de biologie*, 24 juillet 1852.

de toutes parts : or, le plus léger reflux du sang veineux suffit pour amener à l'ouverture du vaisseau le contenu de la veine splénique dans laquelle les veines courtes ont dû naturellement verser le produit de l'absorption gastrique.

L'hypothèse du transport à la rate des liquides absorbés dans l'estomac, à supposer qu'elle soit fondée, ne pourrait s'appliquer qu'aux animaux chez lesquels la veine splénique reçoit d'un côté des divisions de l'estomac, de l'autre, des branches de la rate elle-même, puisque chez ceux-là seulement, le sang veineux pourrait refluer des premières dans les secondes. Cette hypothèse serait inapplicable, d'abord aux solipèdes, chez lesquels l'absorption gastrique, à peu près nulle, n'envoie rien ou presque rien à la veine splénique, ensuite aux ruminants, chez lesquels aucune branche de l'estomac ne va se jeter dans la veine splénique simple. Si la rate avait un tel usage chez le chien, le chat, le porc, à quoi servirait-elle chez le cheval, le bœuf et le mouton ?

Le rôle de diverticulum attribué à la rate, bien qu'il ne soit pas démontré, est cependant assez probable. Cet organe, à cause de sa grande vascularité et de l'expansibilité qu'il possède, peut, en certaines circonstances, recevoir une grande quantité de sang et s'en débarrasser à d'autres moments. Ainsi on conçoit que la rate se congestionne quand le sang veineux éprouve de la difficulté à revenir au cœur, comme pendant les efforts, les cris, la course, les mouvements pénibles. En effet, M. Goubaux, dans des expériences dont j'ai été témoin, a vu cet organe se gonfler pendant les efforts que l'animal faisait pour se débattre, vomir, etc., et il l'a trouvée en général très sensiblement plus volumineuse sur les chevaux anglais de course que sur les autres. On conçoit aussi que lors de la digestion, la rate plus comprimée par l'estomac et l'intestin distendus, puisse moins se gorger de sang que dans les circonstances opposées où elle supporte une moindre pression de la part des viscères digestifs et des parois abdominales. Il est très naturel que la rate reçoive d'autant plus de sang que la plénitude du système vasculaire est plus considérable. M. Magendie (1) a observé que le volume de la rate d'un chien dont l'abdomen est ouvert, augmente graduellement pendant qu'on injecte « une pinte de sang » dans les veines de l'animal, et elle finit par devenir d'un tiers et même d'une moitié plus volumineuse qu'auparavant. Si, au contraire, on saigne le chien jusqu'à défaillance, on voit l'organe devenir de plus en plus petit à mesure que le sang s'écoule.

Il n'est donc pas déraisonnable de regarder la rate comme une sorte de ganglion sanguin, de diverticulum, non-seulement pour l'estomac et les viscères digestifs, comme le faisait Lieutaud, mais encore pour tout l'organisme, comme Ruysch l'a avancé. Mais ce n'est pas là l'office principal de cet organe énigmatique sur lequel nous reviendrons en traitant des sécrétions.

§ III. — Du cours du sang dans les tissus érectiles.

Les tissus érectiles du corps caverneux du pénis et du clitoris, du canal de l'urètre, du bulbe du vagin, du mamelon, des caroncules du coq, du dindon et des

(1) *Précis élémentaire de physiol.*, 4e édit., t. II, p. 408.

autres gallinacés, donnent lieu à quelques importantes modifications dans la progression du sang.

Ces tissus sont constitués par des brides fibreuses légèrement élastiques et entrecroisées dans tous les sens, de manière à laisser entre elles des espaces irréguliers ou des cellules tapissées par la membrane interne des veines et communiquant les unes avec les autres. Les artères, divisées à l'infini, apportent le sang dans ces cellules, et les veines l'y reprennent, de même que si les cellules érectiles représentaient un système capillaire.

A de certains moments, sous l'influence de diverses excitations, ces tissus se dilatent, se gorgent de sang et acquièrent une rigidité considérable; puis, lorsque les causes de l'érection cessent d'agir, ils reviennent sur eux-mêmes, perdent leur tension, et la plus grande partie des fluides qui remplissaient leurs mailles rentre dans le torrent de la circulation.

La réplétion des tissus érectiles paraît dépendre, du moins, pour les principaux d'entre eux, de la compression momentanée exercée sur les veines de ces tissus par des muscles spéciaux. On la produit sur le cadavre par l'insufflation des veines du corps caverneux, par l'injection de ces veines ou des artères, soit avec des matières solidifiables, soit au moyen de procédés hydrotomiques. Quand elle est complète, les fluides accumulés dans le corps caverneux ont, d'après les expériences de Müller, une tension susceptible de faire équilibre à une colonne d'eau de 2 mètres de hauteur, c'est-à-dire à peu près égale à celle du sang artériel.

La turgescence des tissus érectiles peut se modifier avec une très grande rapidité, grâce à la multiplicité et à l'amplitude des veines qui émanent de ces tissus, veines à parois minces dans lesquelles existent des valvules nombreuses, disposées, du reste, comme dans les autres parties du système vasculaire à sang noir.

CHAPITRE XLIV.

DES PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX DE LA CIRCULATION.

Jusqu'ici, nous avons examiné successivement le rôle de chacune des parties dont se compose le système circulatoire ; nous avons analysé à part l'action du cœur, des artères, des capillaires et des veines, et les phénomènes caractéristiques du cours du sang dans chacune de ces espèces de vaisseaux. Il nous reste maintenant à envisager la circulation dans son ensemble, c'est-à-dire à passer en revue ses phénomènes généraux, à voir comment le cœur règle la circulation dans toute l'étendue du système vasculaire, en détermine la vitesse, et comment, enfin, se trouve établie l'harmonie qui existe entre la petite et la grande circulation.

Le cœur, placé au centre du système circulatoire, est, comme nous l'avons vu, l'agent essentiel de l'impulsion communiquée aux fluides qui se meuvent dans les différents ordres de vaisseaux : le nombre et l'énergie de ses contractions, et la quantité de sang qui, à chacune d'elles, est projetée dans les artères, sont les trois circonstances principales qui influent le plus sur l'ensemble de la circulation.

Le nombre des contractions que le cœur exécute en un temps donné n'est pas le même pour toutes les espèces animales, et pour une même espèce, il varie suivant l'âge, les conditions physiologiques ou morbides dans lesquelles peuvent se trouver les animaux.

Pendant la vie fœtale, les contractions du cœur sont très rapprochées, si l'on en juge par les observations des embryologistes. Elles le deviennent de moins en moins après la naissance à mesure que les animaux arrivent au terme de leur complet développement. Alors, leur nombre pour chaque espèce se maintient à un chiffre régulier, puis il décroît encore quelque peu vers le déclin de la vie.

Pour les animaux domestiques, on s'accorde généralement à reconnaître, d'après Girard (1), que le nombre des battements du cœur est, par minute, à l'âge adulte, de 32 à 38 chez le cheval, de 45 à 48 chez l'âne, de 35 à 42 chez le bœuf, de 70 à 79 chez le mouton et la chèvre, de 90 à 100 chez le chien. Pour les espèces sauvages, M. F. Dubois (2) a compté 92 pulsations à un singe, 40 à un lion, 64 à un tigre, 60 à une panthère, 55 à une hyène, 60 à une girafe, 44 à un tapir, 120 à une souris. J'ai compté 68 pulsations à une lionne, 25 à 32 à un dromadaire, et de 25 à 28 à un éléphant. Prévost et Dumas ont trouvé pour les oiseaux 140 pulsations à la poule, 136 au pigeon, 110 à l'oie, et Fontana 77 pulsations à la salamandre, 20 aux carpes et 24 à des anguilles. Enfin, d'autres observateurs ont même noté le nombre des pulsations chez les articulés, les mollusques et les insectes.

La fréquence ou la rareté des contractions du cœur dans les diverses classes du règne animal, ne paraît être en rapport, comme le remarque fort judicieusement M. F. Dubois, ni avec le degré de complexité d'organisation, ni avec la perfection et le mode de respiration, ni enfin avec le régime et la taille des animaux. Les mollusques et les crustacés ont, en général, les mouvements du cœur aussi fréquents que les reptiles ; ceux-ci, quoique ayant la respiration imparfaite, le sang froid, les mouvements lents, ont ces contractions souvent aussi rapprochées que celles des vertébrés supérieurs.

Cependant, en ce qui concerne les vertébrés, il est incontestable que les oiseaux dont la respiration est très étendue et dont les mouvements sont fréquents et rapides, ont les mouvements du cœur portés à leur maximum de précipitation. A leur suite viennent les mammifères en général, puis les reptiles et les poissons. Dans une même classe de vertébrés, la fréquence du pouls diminue à mesure que les espèces acquièrent de la taille. La souris et le cochon d'Inde ont de 120 à 140 pulsations, tandis que l'éléphant adulte n'en a que 25 à 28, comme je m'en suis assuré le premier en palpant l'auriculaire postérieure, la seule qui ait des battements perceptibles à travers les téguments du monstrueux pachyderme.

La fréquence des contractions du cœur s'accroît sous l'influence d'une multitude de causes et dans une infinité de circonstances physiologiques ou pathologiques. La seule émotion que cause à un animal timide l'approche de l'homme suffit pour précipiter notablement ces contractions, de manière à donner à l'observateur des indications fort éloignées de l'état normal. La frayeur, l'agitation, l'exercice, le tra-

(1) *Anatomie vétérinaire*, 4e édit., t. II.
(2) *Préleçons de pathologie expérimentale*, p. 322.

vail digestif, les efforts de toute espèce, les excitations vives, la douleur, le travail fébrile, les affections aiguës, produisent des effets analogues.

Parmi les conditions dans lesquelles les contractions cardiaques s'accélèrent, il faut noter la décapitation ou la section de la moelle allongée, l'asphyxie, les hémorrhagies mortelles et les injections de différentes substances dans les veines.

La section de la moelle produit sur-le-champ une accélération considérable des battements du cœur suivie bientôt d'un ralentissement graduel. A partir de deux secondes après cette section sur un cheval en arrière de l'occipital, j'ai compté à la carotide préalablement mise à découvert 30 pulsations dans la première minute, 30 à la seconde, 32 à la troisième, 33 à la quatrième, 38 à la cinquième, puis de 36 à 48 dans les minutes suivantes. J'ai constaté la même progression sur les animaux décapités, à quelques légères différences près relatives à l'espèce, et surtout à l'âge des animaux.

Sur un cheval dont on ferma hermétiquement la trachée, au moment où ma main pénétrait dans la poitrine et venait s'appliquer sur le cœur, j'ai compté 27 pulsations à la première minute, 34 à la seconde, 36 à la troisième, 66 à la quatrième, 74 à la cinquième, 47 à la sixième, 48 à la septième, puis elles furent remplacées par les mouvements fibrillaires du cœur qui ne produisaient plus aucun changement dans la capacité des cavités cardiaques, ni aucun déplacement de cet organe.

Chez les animaux auxquels on ouvre les artères pour déterminer une hémorrhagie promptement mortelle, les battements du cœur ne tardent pas à devenir plus nombreux et à s'accélérer graduellement jusqu'à l'instant de la mort, ou plutôt jusqu'à celui où ils se suspendent, car l'animal continue à exécuter des mouvements convulsifs et des mouvements respiratoires une à deux minutes après la suspension des contractions effectives du cœur. Un cheval dont la carotide était ouverte, eut pendant la première minute 77 pulsations cardiaques, 77 pulsations à la deuxième, 82 à la troisième, 98 à la quatrième, 121 à la cinquième, 115 à la sixième et 116 à la septième. Comme les pulsations artérielles sont peu distinctes dans les derniers moments, il est convenable pour en déterminer le nombre et en apprécier l'énergie, d'appliquer la main sur le cœur par une ouverture faite d'avance aux parois abdominales et ensuite au diaphragme.

Enfin, à la suite de l'injection de substances étrangères dans les veines, les contractions cardiaques diminuent subitement de nombre, puis au bout d'un certain temps, après être arrivées à leur minimum de vitesse, s'accélèrent peu à peu et reviennent plus tard à leur chiffre normal si la substance injectée n'est pas susceptible par sa nature ou sa quantité de donner lieu à des troubles graves dans l'organisme. L'émétique, l'ipécacuanha, les sulfates de fer, de cuivre, le chromate de potasse, le sublimé corrosif, l'alcool, l'opium, les teintures stimulantes, produisent constamment cet effet, comme nous l'avons vu dans nos expériences. Deux secondes après l'injection de 10 grammes d'émétique en dissolution dans 100 grammes d'eau, un cheval eut 31 pulsations à la première minute, 26 à la seconde, 29 à la troisième, 33 à la quatrième, 30 à la cinquième, 29 à la sixième. Le maximum 85 se fit remarquer à la troisième heure, puis la fréquence des battements diminua d'une manière progressive.

La force déployée par les contractions du cœur a déjà été calculée par d'habiles mathématiciens et de savants physiologistes ; mais elle l'a été d'après des bases

fausses ou incomplètes qui ont dû conduire à des résultats inexacts et, pour la plupart, sans valeur même approximative.

Borelli (1), qu'il faut toujours citer, même pour ses erreurs, quand il s'agit de mécanique animale, Borelli, pour trouver la force du cœur, compare le poids de cet organe à celui des muscles dont il a préalablement évalué la puissance; il arrive par une suite de déductions à établir que sa force de contraction est égale à 3000 livres. Mais comme, d'après ses calculs, cette force peut vaincre la résistance du sang artériel qu'il trouve 60 fois plus grande, il la porte au chiffre total de 180 000 livres. En suivant l'ingénieux physiologiste dans ses nombreuses déterminations, on voit que, partant d'une première évaluation fondée sur des bases rationnelles, il ne tarde pas à s'appuyer sur d'autres bases tout à fait inexactes qui le conduisent à une monstrueuse exagération.

Keill, en se fondant sur des principes différents, mais encore incertains, arrive à un résultat très éloigné du précédent. D'après les quantités de sang qui s'écoulent par l'artère et la veine crurale ouvertes, il croit déterminer d'abord la vitesse avec laquelle ce fluide se meut dans les artères; puis en admettant que le ventricule gauche expulse deux onces de sang à chaque contraction, il calcule la force nécessaire pour mouvoir la colonne liquide dont la hauteur et le volume sont supposés connus, et il trouve que cette force est de 5 onces !

Hales, en adaptant un tube vertical à une artère, constate que le sang s'y élève à une hauteur de 6, 7, 8 pieds, plus ou moins, suivant les animaux; il suppose que la force déployée par le cœur, lors de sa contraction, est égale à celle qui ferait équilibre à une colonne de sang dont la hauteur est égale à celle indiquée par l'instrument, et la base représentée par la surface interne du ventricule gauche. Or, pour le cheval, chez lequel le sang s'élève à une hauteur de 9 pieds 6 pouces anglais, la surface interne du ventricule gauche étant égale à 26 pouces carrés, ce ventricule supporte au moment de la systole une pression égale à celle d'une colonne cylindrique de sang haute de 114 pouces, et dont la coupe aurait 26 pouces carrés, colonne dont le poids serait de 113 livres 22 centièmes. Pour le mouton, la pression établie d'après ces bases serait de 35 livres 52 cent., de 11 à 33 livres pour le chien, enfin, de 51 livres 5 dixièmes pour l'homme. L'effort dynamique du cœur serait donc variable suivant les animaux, mais toujours susceptible d'être calculé en connaissant, d'une part, la hauteur à laquelle s'élève le sang artériel dans un tube vertical, et d'autre part, la surface interne du ventricule gauche.

Enfin, à notre époque, après les tentatives que je viens de rappeler, après celles de Bernoulli, de Sauvages et d'autres physiologistes, M. Poiseuille a repris la question si diversement résolue de la force du cœur; il a déterminé la pression supportée par le sang dans les artères, et il a considéré cette pression comme représentant exactement la force statique déployée par l'organe central de la circulation.

M. Poiseuille (2) se fonde sur les mêmes principes que Hales, et opère par un procédé à peu près semblable à celui du physicien anglais. Au lieu d'adapter à l'artère un tube droit et vertical, il y fixe un tube deux fois recourbé, en partie

(1) *De motu animalium*, pars secund., prop. LXVII et suiv.
(2) *Recherches sur la force du cœur aortique*. Paris, 1828.

rempli de mercure qui s'élève dans l'une des branches, par la pression du sang, à une hauteur treize fois et demie moindre que le sang, à cause de la différence de densité qui existe entre ces deux liquides. Au lieu de donner la force du cœur comme étant égale à celle qui fait équilibre à une colonne de sang dont la base serait égale à la surface interne du ventricule gauche, M. Poiseuille la considère comme représentée par celle qui ferait équilibre à une colonne de mercure dont la hauteur serait treize fois et demie moindre que celle du sang, et dont la base serait égale à la coupe transversale du tronc de l'aorte primitive. Pour lui, cette force, au lieu d'être égale dans le cheval à 113 livres 22 centièmes, est égale à 10 livres 10 onces 7 gros 61 grains. En somme, pour les deux expérimentateurs, la force du cœur est représentée par la pression du sang dans les artères ; pour les deux, les procédés sont les mêmes : la différence entre les résultats du premier et ceux du second tient uniquement à ce que l'un suppose la base de la colonne fluide égale en étendue à la surface interne du ventricule gauche, tandis que l'autre la suppose égale à l'aire transversale de la base de l'aorte. Ces deux évaluations sont inexactes : les procédés dont je viens de parler donnent la mesure de la pression que le sang supporte dans les artères, mais ils ne donnent que cela ; cette pression ne représente nullement la force déployée par les contractions du cœur.

Pour nous convaincre que la pression du sang artériel ne peut servir à mesurer la force statique ou dynamique du cœur, voyons ce qui se passe relativement à cette pression dans diverses circonstances que l'expérimentateur peut, pour la plupart, faire naître à volonté. Adaptez un tube vertical à la carotide d'un cheval, et bientôt le sang parviendra à la hauteur de 2 mètres, par exemple. Si alors l'animal fait un effort violent, une expiration prolongée, la colonne s'élèvera à 2 mètres 20, 30 ou 40 centimètres, puis elle reviendra peu à peu à son niveau primitif. Direz-vous que dans ces conditions la force du cœur s'est accrue de manière à augmenter de un dixième à un cinquième. Non, la nouvelle ascension du sang résulte de ce que la pression supportée par le contenu des artères est devenue plus considérable à l'instant de l'effort. Injectez de l'eau dans les veines de l'animal, et peu de temps après vous verrez le niveau de la colonne sanguine s'élever par suite de cette pléthore subite, de cette réplétion rapide de tous les vaisseaux ; liez l'aorte postérieure afin de circonscrire le champ de la circulation et d'augmenter très vite la proportion des fluides dans les vaisseaux des parties antérieures, et la pression encore accrue fera de nouveau monter le niveau de la colonne dans l'hémodynamomètre. Considérez encore les conditions opposées : voyez le niveau du sang baisser dans l'inspiration, voyez-le descendre peu à peu, à mesure que par des saignées abondantes, le système vasculaire se désemplit, et que le sang qui reste dans les artères perd progressivement de sa tension. Au moment où la plus grande partie du sang se sera écoulée, cette colonne sera réduite au tiers ou au quart de ses proportions initiales. Cependant, le cœur fonctionnera toujours avec son énergie première, ses bruits seront très forts, son choc sur les parois costales sera violent ; la main appliquée à sa surface à travers une ouverture du diaphragme, appréciera la rapidité et l'énergie remarquable de ses contractions, énergie qui, dans ce cas, semble plutôt augmentée que diminuée.

Ainsi, puisque la pression du sang artériel augmente ou diminue dans de très

grandes limites par des causes indépendantes des variations de la force des contractions cardiaques, il est bien évident que la pression du sang artériel ne représente nullement la force du cœur. D'ailleurs, il est des circonstances dans lesquelles les contractions cardiaques sont manifestement affaiblies, sans que pour cela la tension du sang artériel soit sensiblement diminuée. J'ai vu, par exemple que le sang artériel s'élevait de $1^m,90$ à 2 mètres sur une vache maigre, phthisique, étendue sur la litière depuis deux jours et presque expirante au moment de l'expérience. Il ne s'éleva pas à une hauteur sensiblement plus considérable sur un petit taureau de seize à dix-huit mois et de vigueur ordinaire.

D'ailleurs, en interprétant les résultats particuliers aux expériences de M. Poiseuille, on peut se convaincre, sans le secours des preuves directes qui viennent d'être présentées, que la tension du sang artériel ne mesure pas la force dynamique du cœur. D'une part, ces expériences établissent que la force avec laquelle une molécule sanguine se meut est la même sur toute l'étendue du système artériel; elle est aussi grande près du cœur qu'au pied ou à l'extrémité de la queue, dans l'aorte que dans la carotide, dans celle-ci que dans la crurale ou les petites collatérales qui s'en détachent. D'autre part, l'auteur en tire cette conclusion, que la force motrice du sang, dans une artère quelconque, est représentée par le poids d'une colonne de mercure, dont la hauteur est déterminée par l'hémodynamomètre, et dont la base est l'étendue du cercle ou de l'aire transverse de cette artère. La force totale pour le système artériel est conséquemment égale au poids d'un cylindre de mercure ayant la hauteur précédemment indiquée, et la base égale au cercle de l'aorte primitive, au point où elle se détache du cœur.

Or il est évident que de telles déductions sont inexactes, bien que basées sur des données d'une rigoureuse exactitude. En effet, s'il était vrai que la force totale avec laquelle se meut le sang dans le système artériel fût représentée par le poids d'un cylindre de mercure de 140 à 180 millimètres de hauteur, dont la base aurait l'étendue de l'aire transverse de l'aorte primitive, cette force devrait s'accroître progressivement à mesure que le sang se divise en jets de plus en plus multipliés dans les divisions primaires, secondaires, tertiaires du tronc aortique; car si l'on considère d'abord la somme des aires de l'aorte antérieure et de l'aorte postérieure, on la trouve sensiblement plus grande que l'aire du tronc primitif, dont les deux autres émanent, et conséquemment déjà, si la formule était exacte, la force motrice du sang dans ces deux artères serait égale à une colonne de mercure haute de 140 à 180 millimètres, dont la base aurait l'étendue de l'aire transverse des deux aortes réunies : cette deuxième colonne serait par conséquent sensiblement plus pesante que la première. Ensuite, si l'on fait la somme des aires transverses de toutes les artères qui émanent directement des troncs branchiaux et des troncs iliaques, on obtiendra une étendue peut-être double de celle de l'aorte primitive, d'où il résultera que la force qui meut le sang dans toutes les artères réunies égalera le poids d'un cylindre de mercure de la hauteur donnée, et dont la base aura deux fois autant d'étendue que la colonne qui représente la même force dans le tronc primitif de l'aorte. Enfin, si l'on poussait plus loin ce raisonnement, on verrait que, d'après le principe de M. Poiseuille, la somme des forces motrices du sang devrait être à l'extrémité de toutes les divisions du système artériel, prises en masse, trois,

quatre fois, et même davantage, plus grande que la force initiale mesurée à l'aorte primitive.

Du reste, si la pression éprouvée par le sang dans les artères donnait la mesure exacte de la force statique ou dynamique du cœur, n'est-il pas évident que cette force, produite par les contractions cardiaques, perdrait de son intensité à mesure qu'on s'éloignerait du cœur lui-même. L'action de la pesanteur, les frottements du sang sur les parois internes des vaisseaux, les déplacements, la dilatation de ceux-ci au moment de la pulsation, les changements opérés dans le degré des courbures détermineraient nécessairement une perte de force considérable. Cependant l'expérience montre que la pression reste la même partout, parce que cette pression, au lieu de tenir à une seule cause, tient à deux causes bien distinctes, l'une qui est la force active intermittente, dérivée des contractions du cœur; l'autre qui est la force physique continue, développée par la réaction élastique des artères.

Les expériences de Hales, reproduites sous une autre forme par M. Poiseuille, déterminent donc la somme de ces deux forces combinées; mais elles ne les mesurent pas à part, elles ne les dissocient point pour évaluer l'intensité de chacune d'elles; enfin ces expériences ne donnent nullement, comme l'ont cru leurs auteurs et comme le pensent les physiologistes, la mesure de la force du cœur.

Pour isoler les deux forces motrices du sang dans le système artériel, pour faire la part afférente à celle qui dérive des artères et à celle qui tient aux contractions du cœur, il faut nécessairement recourir à un mode nouveau d'expérimentation. Voici celui qui m'a paru le plus propre à atteindre le but que poursuivent depuis si longtemps les efforts des physiologistes. Il consiste à déterminer la pression que le cœur, lors de sa systole, fait éprouver au sang qu'il contient avant qu'à cette pression s'ajoute celle qui est exercée par les parois artérielles. A cet effet, je me suis servi de l'hémodynamomètre, dont j'ai donné précédemment la figure, et d'un tube flexible, lisse à sa surface, tube dont une extrémité descend dans le ventricule gauche, et dont l'autre s'adapte à l'ajutage de l'instrument.

Lorsque tout est préparé pour cette expérience assez compliquée, qu'il convient de faire sur un grand mammifère, comme le cheval ou le bœuf, on met à découvert la carotide au tiers inférieur de l'encolure; on la lie en deux points éloignés l'un de l'autre de 5 à 6 centimètres, et l'on pratique entre les deux ligatures une petite ouverture par laquelle on introduit une des extrémités du tube flexible dans lequel se trouve une tige cylindrique de baleine destinée à empêcher le sang de s'y introduire avant le moment convenable. Dès que celui-ci est engagé dans l'artère, on enlève la ligature inférieure, et on le fait descendre vers le thorax, d'abord dans le tronc brachial, puis dans l'aorte antérieure, enfin dans l'aorte primitive, et de là dans le ventricule gauche, tout en ayant soin de presser légèrement les bords de l'ouverture artérielle sur ce tube, afin de prévenir l'écoulement du sang. Alors, si le tube, une fois parvenu à la bifurcation du tronc aortique, ne s'engage point dans l'aorte postérieure, il descend dans le ventricule gauche pendant que, lors d'une systole, les valvules sigmoïdes relevées laissent libre l'orifice aortique: cela fait, on retire la baguette de baleine, et l'on enfonce l'ajutage de l'hémodynamomètre dans l'extrémité libre du tube. Aussitôt, le sang qui parvient dans l'instrument oscille continuellement, s'élève au moment de la systole ventriculaire et descend

un peu à l'instant de la diastole. La hauteur à laquelle arrive le sang dans l'hémodynamomètre au-dessus du niveau du cœur indique la pression que ce fluide éprouve à l'intérieur de cet organe pendant la systole ventriculaire.

Dans ces conditions, il est clair, d'une part, que l'action des parois artérielles ne s'exerce pas sur le sang de l'appareil, puisque le tube qui descend de la carotide au cœur a des parois résistantes, quoique flexibles; d'autre part, que l'action du cœur reste libre et seule agissante sur le contenu de l'appareil. Le tube engagé dans le cœur ne s'oppose pas au jeu des valvules qui garnissent l'ouverture auriculo-ventriculaire; il laisse même libre aussi celui des valvules sigmoïdes, qui s'ouvrent comme d'habitude à l'instant de la systole des ventricules, et qui s'abaissent en appliquant leur bord libre à la périphérie du tube, de manière à fermer, comme à l'état normal, l'orifice aortique à l'instant de la diastole ventriculaire.

Ce mode d'expérimentation pourrait être modifié en adaptant au tube flexible l'hémodynamomètre de M. Poiseuille, et dans ce cas il donnerait peut-être des indications plus exactes que celles obtenues à l'aide de l'hémodynamomètre dont je me suis servi; mais tel que je l'ai décrit, il est d'un emploi très facile.

D'après plusieurs expériences successives faites sur des chevaux, je suis arrivé à reconnaître que la pression que le cœur exerce sur son contenu est toujours de beaucoup supérieure à la pression qu'éprouve le sang dans le système artériel. Ainsi, sur un premier cheval très faible, dont la pression moyenne du sang de la carotide était de $1^m,45$ dans quatre épreuves avant et après la détermination relative au cœur, la pression du sang du ventricule gauche était de $2^m,36$, c'est-à-dire qu'elle élevait le sang dans l'hémodynamomètre à $2^m,36$ au-dessus du niveau du cœur. Sur un deuxième cheval très vigoureux, dont la pression du sang artériel était de $2^m,30$, celle du ventricule gauche était de $2^m,70$. D'où l'on voit que la force avec laquelle le sang se meut dans le ventricule aortique est sensiblement supérieure à celle du sang artériel.

En réfléchissant à la signification de ce résultat, on s'explique très bien la prépondérance de la pression du sang du cœur sur celle du sang des artères. Il faut en effet, au moment de la systole ventriculaire, que le sang du ventricule gauche, pour soulever les valvules sigmoïdes et pénétrer dans l'aorte, soit animé d'une force supérieure à celle de la colonne aortique qui tient abaissées ces mêmes valvules : si les deux forces étaient égales, les valvules resteraient immobiles, et le sang du ventricule ne pourrait passer dans l'aorte. De plus, il faut que cette pression détermine la dilatation du système artériel à un degré suffisant pour que celui-ci admette une nouvelle ondée sanguine, et cette dilatation exige que la force avec laquelle les artères tendent à revenir sur elles-mêmes soit momentanément vaincue.

Quoique le cœur lance une ondée de sang avec une force supérieure à celle que possède actuellement le fluide renfermé dans les artères, celui-ci, à la fin de la systole, n'est pas soumis à une force qui serait égale à la somme de la force qu'il avait auparavant et de celle communiquée à l'ondée sanguine lancée par le cœur. Cette dernière se perd en soulevant les valvules sigmoïdes, en dilatant les artères, dont les parois sont si résistantes, et enfin en faisant varier le degré de leurs courbures. La fraction non perdue de cette puissance augmente un peu la pression du

quatre fois, et même davantage, plus grande que la force initiale mesurée à l'aorte primitive.

Du reste, si la pression éprouvée par le sang dans les artères donnait la mesure exacte de la force statique ou dynamique du cœur, n'est-il pas évident que cette force, produite par les contractions cardiaques, perdrait de son intensité à mesure qu'on s'éloignerait du cœur lui-même. L'action de la pesanteur, les frottements du sang sur les parois internes des vaisseaux, les déplacements, la dilatation de ceux-ci au moment de la pulsation, les changements opérés dans le degré des courbures détermineraient nécessairement une perte de force considérable. Cependant l'expérience montre que la pression reste la même partout, parce que cette pression, au lieu de tenir à une seule cause, tient à deux causes bien distinctes, l'une qui est la force active intermittente, dérivée des contractions du cœur ; l'autre qui est la force physique continue, développée par la réaction élastique des artères.

Les expériences de Hales, reproduites sous une autre forme par M. Poiseuille, déterminent donc la somme de ces deux forces combinées; mais elles ne les mesurent pas à part, elles ne les dissocient point pour évaluer l'intensité de chacune d'elles; enfin ces expériences ne donnent nullement, comme l'ont cru leurs auteurs et comme le pensent les physiologistes, la mesure de la force du cœur.

Pour isoler les deux forces motrices du sang dans le système artériel, pour faire la part afférente à celle qui dérive des artères et à celle qui tient aux contractions du cœur, il faut nécessairement recourir à un mode nouveau d'expérimentation. Voici celui qui m'a paru le plus propre à atteindre le but que poursuivent depuis si longtemps les efforts des physiologistes. Il consiste à déterminer la pression que le cœur, lors de sa systole, fait éprouver au sang qu'il contient avant qu'à cette pression s'ajoute celle qui est exercée par les parois artérielles. A cet effet, je me suis servi de l'hémodynamomètre, dont j'ai donné précédemment la figure, et d'un tube flexible, lisse à sa surface, tube dont une extrémité descend dans le ventricule gauche, et dont l'autre s'adapte à l'ajutage de l'instrument.

Lorsque tout est préparé pour cette expérience assez compliquée, qu'il convient de faire sur un grand mammifère, comme le cheval ou le bœuf, on met à découvert la carotide au tiers inférieur de l'encolure; on la lie en deux points éloignés l'un de l'autre de 5 à 6 centimètres, et l'on pratique entre les deux ligatures une petite ouverture par laquelle on introduit une des extrémités du tube flexible dans lequel se trouve une tige cylindrique de baleine destinée à empêcher le sang de s'y introduire avant le moment convenable. Dès que celui-ci est engagé dans l'artère, on enlève la ligature inférieure, et on le fait descendre vers le thorax, d'abord dans le tronc brachial, puis dans l'aorte antérieure, enfin dans l'aorte primitive, et de là dans le ventricule gauche, tout en ayant soin de presser légèrement les bords de l'ouverture artérielle sur ce tube, afin de prévenir l'écoulement du sang. Alors, si le tube, une fois parvenu à la bifurcation du tronc aortique, ne s'engage point dans l'aorte postérieure, il descend dans le ventricule gauche pendant que, lors d'une systole, les valvules sigmoïdes relevées laissent libre l'orifice aortique : cela fait, on retire la baguette de baleine, et l'on enfonce l'ajutage de l'hémodynamomètre dans l'extrémité libre du tube. Aussitôt, le sang qui parvient dans l'instrument y oscille continuellement, s'élève au moment de la systole ventriculaire et descend

un peu à l'instant de la diastole. La hauteur à laquelle arrive le sang dans l'hémodynamomètre au-dessus du niveau du cœur indique la pression que ce fluide éprouve à l'intérieur de cet organe pendant la systole ventriculaire.

Dans ces conditions, il est clair, d'une part, que l'action des parois artérielles ne s'exerce pas sur le sang de l'appareil, puisque le tube qui descend de la carotide au cœur a des parois résistantes, quoique flexibles; d'autre part, que l'action du cœur reste libre et seule agissante sur le contenu de l'appareil. Le tube engagé dans le cœur ne s'oppose pas au jeu des valvules qui garnissent l'ouverture auriculo-ventriculaire; il laisse même libre aussi celui des valvules sigmoïdes, qui s'ouvrent comme d'habitude à l'instant de la systole des ventricules, et qui s'abaissent en appliquant leur bord libre à la périphérie du tube, de manière à fermer, comme à l'état normal, l'orifice aortique à l'instant de la diastole ventriculaire.

Ce mode d'expérimentation pourrait être modifié en adaptant au tube flexible l'hémodynamomètre de M. Poiseuille, et dans ce cas il donnerait peut-être des indications plus exactes que celles obtenues à l'aide de l'hémodynamomètre dont je me suis servi; mais tel que je l'ai décrit, il est d'un emploi très facile.

D'après plusieurs expériences successives faites sur des chevaux, je suis arrivé à reconnaître que la pression que le cœur exerce sur son contenu est toujours de beaucoup supérieure à la pression qu'éprouve le sang dans le système artériel. Ainsi, sur un premier cheval très faible, dont la pression moyenne du sang de la carotide était de $1^m,45$ dans quatre épreuves avant et après la détermination relative au cœur, la pression du sang du ventricule gauche était de $2^m,36$, c'est-à-dire qu'elle élevait le sang dans l'hémodynamomètre à $2^m,36$ au-dessus du niveau du cœur. Sur un deuxième cheval très vigoureux, dont la pression du sang artériel était de $2^m,30$, celle du ventricule gauche était de $2^m,70$. D'où l'on voit que la force avec laquelle le sang se meut dans le ventricule aortique est sensiblement supérieure à celle du sang artériel.

En réfléchissant à la signification de ce résultat, on s'explique très bien la prépondérance de la pression du sang du cœur sur celle du sang des artères. Il faut en effet, au moment de la systole ventriculaire, que le sang du ventricule gauche, pour soulever les valvules sigmoïdes et pénétrer dans l'aorte, soit animé d'une force supérieure à celle de la colonne aortique qui tient abaissées ces mêmes valvules : si les deux forces étaient égales, les valvules resteraient immobiles, et le sang du ventricule ne pourrait passer dans l'aorte. De plus, il faut que cette pression détermine la dilatation du système artériel à un degré suffisant pour que celui-ci admette une nouvelle ondée sanguine, et cette dilatation exige que la force avec laquelle les artères tendent à revenir sur elles-mêmes soit momentanément vaincue.

Quoique le cœur lance une ondée de sang avec une force supérieure à celle que possède actuellement le fluide renfermé dans les artères, celui-ci, à la fin de la systole, n'est pas soumis à une force qui serait égale à la somme de la force qu'il avait auparavant et de celle communiquée à l'ondée sanguine lancée par le cœur. Cette dernière se perd en soulevant les valvules sigmoïdes, en dilatant les artères, dont les parois sont si résistantes, et enfin en faisant varier le degré de leurs courbures. La fraction non perdue de cette puissance augmente un peu la pression d

sang artériel ; aussi, à l'instant de la systole, le niveau du liquide de l'hémodynamomètre monte de 2, 4 ou 5 centimètres, puis redescend d'autant à l'instant de la diastole ventriculaire.

Connaissant la pression que le ventricule aortique exerce sur son contenu au moment de sa contraction, pouvons-nous, d'après l'intensité de cette pression même, déterminer celle de la force déployée par le cœur pour la produire? Ici nous revenons au célèbre problème si diversement résolu par Borelli, Keill, Sauvages, Hales et M. Poiseuille, problème dont la solution me paraît maintenant possible, puisque ses données véritables sont acquises.

Le ventricule gauche du cœur, plein de sang, est exactement dans les mêmes conditions physiques qu'un vase inerte rempli d'un liquide quelconque. Le liquide exerce sur les parois du vase, d'après une loi d'hydrostatique connue de tout le monde, une pression proportionnelle à la surface qui la supporte, comme le prouve du reste si clairement la presse hydraulique. Or la pression éprouvée par le sang de ce ventricule réagit sur les parois de ce dernier, dont chaque point en supporte une part égale. Comme elle fait équilibre dans l'un de ses points à une colonne de sang haute, au moins, de $2^m,36$, elle doit nécessairement faire équilibre dans tous les autres points de même étendue à des colonnes de sang ayant la hauteur de $2^m,36$. La somme de ces colonnes partielles représente incontestablement un cylindre de sang de $2^m,36$ de hauteur, et ayant pour base la surface totale de l'intérieur du ventricule, surface que j'ai trouvée sur un cheval de moyenne taille, et, d'après des mensurations minutieuses, égale à 450 centimètres carrés (1). Conséquemment le poids d'une colonne cylindrique de sang de $2^m,36$ de hauteur et de 450 centimètres carrés de base étant de $111^{kil.},510$, la pression exercée par le sang sur le ventricule gauche du cheval est de $111^{kil.},510$.

Enfin, puisque la pression du sang dans le ventricule dérive de la contraction de celui-ci, il est de toute évidence que la force déployée par ce ventricule est de $111^{kil.},510$.

La force déployée par le ventricule droit du cœur est moins considérable que celle déployée par le ventricule gauche, à cause de l'épaisseur moindre des parois du premier, qui ne doit faire mouvoir le sang que dans le cercle pulmonaire. En faisant descendre avec beaucoup de difficulté l'instrument dans le ventricule droit par la jugulaire et l'oreillette droite, j'ai constaté que le sang noir s'élevait à une faible hauteur au-dessus du niveau du cœur. La surface interne du ventricule droit du cheval et la hauteur de la colonne sanguine donneraient la force du ventricule pulmonaire.

Telles sont les déterminations que je soumets aux lumières des physiologistes et des mathématiciens ; j'aborde la question de la vitesse du sang dans le système circulatoire.

Depuis l'immortelle découverte de la circulation, beaucoup d'auteurs ont cherché à évaluer la vitesse avec laquelle le fluide nutritif parcourt le cercle vasculaire et le temps nécessaire pour que la masse entière du sang, après avoir passé une fois à

(1) Cette surface a été obtenue par celle du plâtre moulé dans le ventricule d'un animal expirant. Elle a été de 565 centimètres carrés pour le ventricule gauche d'un cheval pesant 450 kilogr. ; ce qui porterait à $160^{kil.},177$ la force du cœur gauche de cet animal, la hauteur de la colonne sanguine étant supposée de $2^m,70$.

travers le cœur, fasse un tour complet de circulation. Pour cela on a proposé divers moyens qu'il faut sommairement examiner.

Le premier détermine cette vitesse d'après trois éléments : le nombre des contractions du cœur en un temps donné ; la quantité de sang poussé par le ventricule gauche dans les artères à chaque contraction ; enfin la masse totale de sang contenue dans le système vasculaire. De ces trois éléments du problème, le premier seul est bien connu, mais les deux autres ne le sont pas exactement, aussi les solutions données par les physiologistes sont-elles loin de concorder entre elles.

Harvey, supposant qu'il sort du ventricule gauche 2 onces de sang à chaque pulsation, admet qu'il en passera à travers cet organe plus de 62 livres en une heure chez l'homme. Walœus estime, d'après ses expériences, qu'il sort du cœur d'un lapin une demi-drachme de sang à chaque contraction, et une demi-once du cœur d'un barbet ; et d'après cela il calcule qu'en moins d'une heure il passe 10 livres de sang dans le cœur d'un homme. Hales, après avoir mesuré la capacité du ventricule aortique et compté les pulsations en une minute, trouve, pour le cheval, qu'il sort 10 pouces cubes de sang à chaque battement, 360 pouces en une minute et 825 livres par heure, « ce qui approche fort du poids entier de l'animal. » Pour un bœuf, il calcule, d'après les mêmes bases, qu'en une heure vingt-huit minutes il doit passer par le ventricule gauche 1 600 livres de sang, c'est-à-dire un poids de ce fluide égal à celui du ruminant. Enfin il estime qu'il sort en vingt minutes du ventricule gauche d'un mouton une quantité de sang égale au poids même de l'animal.

En se basant sur la capacité du ventricule gauche, déterminée exactement, sur la quantité de sang donnée par les expériences, et sur le nombre bien connu des battements du cœur d'un cheval, je crois qu'il est possible d'établir approximativement quelle est la quantité de sang qui passe par le cœur en une période donnée. Je dis approximativement, car on ne saurait savoir, d'une part, la quantité exacte de sang qui est reçue et lancée par le ventricule, ni d'autre part la somme de sang contenue dans le système vasculaire.

La capacité des ventricules du cœur, généralement mal déterminée par les auteurs, est facile à obtenir en mesurant l'organe immédiatement après la mort, alors qu'il est mou, flasque et tout à fait relâché ; elle devient peu considérable à mesure que la rigidité cadavérique s'empare de son tissu, et notamment dans le ventricule gauche, dont la cavité est souvent presque effacée. Pour l'apprécier exactement, j'ai enlevé le cœur à des animaux expirants, excisé la partie supérieure des oreillettes, puis, après l'avoir suspendu, la pointe en bas, j'ai rempli en même temps les deux ventricules d'eau tiède jusqu'au niveau de l'insertion des valvules auriculo-ventriculaires. Sur un petit cheval, les ventricules contenaient, le droit, 1 litre, le gauche 7 décilitres ; sur un second, de taille moyenne, le droit contenait 1 litre 2 décilitres, le gauche 9 décilitres ; enfin sur un troisième un peu plus grand, la capacité du droit était de 1 litre 32 centilitres, et celle du gauche de 1 litre 30 centilitres. Hales avait trouvé la capacité du ventricule gauche d'une somme égale à 10 pouces cubes, chiffre très inférieur à celui de la capacité réelle telle qu'elle se trouve avant que le cœur ait éprouvé sa contraction cadavérique.

Ce premier élément du problème, étant établi, nous permet de voir en combien de fois le ventricule gauche pourra recevoir la totalité du sang du cheval

peut évaluer au douzième du poids du corps, en admettant que par les blessures des vaisseaux on n'en retire que les deux tiers, c'est-à-dire le dix-huitième, soit un tiers pour les artères, un tiers pour les veines et un tiers pour les capillaires. Or chez un cheval de taille moyenne, pesant 400 kilogrammes et ayant 33 kilogrammes de sang, le ventricule gauche pourra recevoir en chaque fois 1 kilogramme de ce fluide ou un litre, et par conséquent les 33 kilogrammes en trente-trois pulsations, qui s'effectuent en une minute, puisque pendant cette période le cœur du solipède adulte bat de trente-deux à trente-huit fois.

Mais comme le cœur paraît moins se dilater pendant la vie qu'il ne le fait au moment de la mort, et comme, d'autre part, en se contractant, il ne pousse pas dans les artères la totalité de son contenu, admettons qu'il ne lance, à chaque pulsation, que les deux tiers de ce qu'il peut recevoir, ou 666 grammes; par conséquent il lancera dans le système artériel la masse du sang en quarante neuf pulsations, qui mettront à s'opérer tout au plus une minute et demie. D'où l'on voit que la masse entière du sang du cheval peut faire quarante tours de circulation en une heure, ou neuf cent-soixante révolutions en une période de vingt-quatre heures. Par conséquent il passe dans le ventricule gauche 1 320 kilogrammes de sang en une heure, et 31 680 kilogrammes en une période de vingt-quatre heures, c'est-à-dire une quantité égale à soixante-dix-neuf fois le poids total de l'animal.

Le très savant Hering, de Stuttgard (1), a imaginé un autre procédé ingénieux de déterminer le temps qu'emploie une molécule de sang pour parcourir le double cercle du système vasculaire. Il consiste à injecter dans l'une des veines jugulaires une substance facile à reconnaître dans le sang, et à voir en combien de temps elle est ramenée par l'autre jugulaire, après avoir parcouru les vaisseaux de la circulation pulmonaire et ceux de la circulation générale. Dix-huit expériences, faites sur des chevaux, lui ont montré qu'au bout de vingt à trente secondes, le cyanure de fer et de potassium injecté dans une jugulaire, se retrouvait dans la jugulaire opposée. Le même espace de temps suffisait au transport du sel dans la saphène, qui est bien plus éloignée du cœur que les veines de la tête. Il ne fallait que dix à ving-cinq secondes pour qu'il se retrouvât dans l'artère maxillaire externe, quinze à trente pour qu'il fût poussé dans l'artère mésentérique, et de vingt à quarante pour qu'il parvînt à l'artère métatarsienne.

La prodigieuse rapidité avec laquelle les substances étrangères mêlées au sang parcourent les deux cercles vasculaires n'indique pas très rigoureusement le temps que toute la masse du sang met à traverser le cœur, le cercle pulmonaire et le cercle aortique, car ces substances, mêlées d'abord à une petite quantité de sang, peuvent se répandre par diffusion, ou se mêler à des masses plus considérables en vertu de la propriété que possèdent les liquides de se mettre en équilibre de répartition. En effet, si dans un long tube vertical, adapté à la carotide liée, se trouve une colonne d'eau de 1 ou 2 décimètres, on verra, dès que le sang sera lancé dans ce tube après l'enlèvement de la ligature, le sang se mêler à la colonne d'eau au lieu de la chasser au-dessus de lui. Sans cette diffusion, qui s'opère dans des limites plus ou moins étendues, l'ondée de sang, qui se trouve mêlée dans la jugulaire avec

(1) Müller, *Manuel de physiologie*, t. I, p. 150.

la solution saline, ne pourrait, une fois expulsée des cavités droites du cœur, y revenir avant que toutes les ondées qui en ont été expulsées avant elle fussent ramenées à ces mêmes cavités. Toutefois il ne faut pas s'exagérer l'étendue d'une telle diffusion, car, suivant la remarque de Bichat, le passage des ondées sanguines du cœur dans les capillaires est successif; l'ondée qui parvient la première dans les capillaires est celle qui se trouve la plus voisine de ceux-ci, et celle qui y arrive en dernier lieu est l'ondée lancée actuellement ou la plus rapprochée de l'organe impulsif. Dans tous les cas, les résultats présentés montrent le temps rigoureusement nécessaire à une molécule, ou à une ondée, ou à une fraction de la masse sanguine, pour décrire un tour complet de circulation, temps qui, du reste, diminue à mesure que les battements du cœur se précipitent, à la suite de l'introduction de substances étrangères dans le torrent circulatoire.

La rapidité avec laquelle le sang s'échappe d'un vaisseau blessé, et notamment d'une artère, ou, si l'on veut, la quantité de sang qui s'écoule en un temps donné par l'ouverture d'une artère dont le diamètre est connu, ne peut pas, comme quelques auteurs l'ont pensé, servir à mesurer la vitesse réelle du sang et le temps employé par ce fluide pour faire un tour complet de circulation. Déjà Walœus, dans une de ses lettres à Bartholin, fait observer que le sang coule plus vite d'une artère blessée qu'il ne marche dans une artère intacte, par la raison que dans le premier cas il n'a pas à vaincre la résistance des fluides qui sont devant lui et qui doivent lui céder la place. Bichat dit aussi qu'il s'écoule d'une artère divisée une quantité de sang supérieure à celle qui y passe dans le même temps pour se porter aux capillaires, et que par conséquent « il ne faut pas prendre pour mesure de la vitesse du sang le jet des artères ouvertes. » Müller partage la même opinion, qui me paraît extrêmement juste.

Les expériences que j'ai faites à cet égard, sur les animaux solipèdes et sur quelques ruminants, prouvent que la quantité de sang qui s'échappe d'une artère divisée est infiniment supérieure à celle qui y passe à l'état normal; elles démontrent aussi que le sang, lorsqu'il n'a plus à vaincre la résistance que lui opposent les frottements et les portions de fluide placées en avant de lui, acquiert une vitesse infiniment supérieure à sa vitesse ordinaire. Dans ces expériences, le sang de la carotide et de la fémorale a été recueilli, minute par minute, jusqu'au moment de la mort. Dans un certain nombre d'entre elles, l'artère, librement ouverte, versait du sang par ses deux extrémités; dans d'autres, l'extrémité supérieure ou l'inférieure seule versait ce fluide.

Pour la première série, la carotide, ouverte longitudinalement dans une étendue de 5 à 6 centimètres vers le milieu de l'encolure, laissait échapper et le sang poussé par le cœur et celui venu des anastomoses par voie rétrograde. En un espace de sept à dix minutes, cette artère a donné passage à la totalité du sang qui peut devenir libre par une hémorrhagie mortelle. Elle versait en moyenne un peu plus du tiers dans la première minute, le quart dans la seconde, la septième partie dans la troisième, la dixième partie dans la quatrième, la vingtième dans la cinquième, la trente-troisième dans la sixième, la centième dans la septième, la cent onzième dans la huitième.

Dans la deuxième série (voy. le tableau page 347), la carotide, ouverte comme

précédemment par une incision longitudinale vers le milieu du cou, étant liée immédiatement au-dessus de l'ouverture, ne donnait écoulement qu'au sang poussé du cœur vers la blessure. En huit ou neuf minutes, l'émission s'achevait et donnait une masse de sang variable de la quatorzième à la vingt-troisième partie du poids du corps. Son abondance décroissait, à très peu de chose près, suivant le même rapport que dans les cas où l'artère donnait le sang par ses deux extrémités.

Dans la troisième série (voy. le tableau page 348), la carotide ouverte était liée au-dessous de l'ouverture, c'est-à-dire du côté du cœur, de sorte qu'elle ne donnait plus que le sang venu de ses anastomoses supérieures. En une durée moyenne de vingt à vingt-cinq minutes, elle donnait une masse de sang égale de la dix-huitième à la vingt-huitième partie du poids du corps, c'est-à-dire une quantité inférieure à celle qui est versée par la carotide librement ouverte. L'écoulement suit une progression décroissante régulière, telle qu'à la première minute il s'écoule la dixième partie de la masse totale, à la cinquième la douzième partie, à la dixième, la vingt-quatrième partie, à la quinzième, la quarante-troisième partie, à la vingtième la cent quarante-deuxième partie.

Enfin, dans la quatrième série (voy. le tableau page 348), l'artère fémorale a été ouverte 4 ou 5 centimètres au-dessous de l'arcade crurale, et en une durée moyenne de six minutes, elle donne une masse de sang qui représente de la treizième à la vingt-cinquième partie du poids du corps. Mais l'hémorrhagie, extrêmement abondante dans les premiers moments, donne plus de la moitié de la masse totale dans la première minute, la cinquième partie dans la seconde, la dixième dans la troisième, la seizième dans la quatrième, la trente-troisième dans la cinquième, la cinquante-cinquième dans la sixième ; ce qui est sensiblement différent du résultat donné par l'incision de la carotide.

L'interprétation des résultats fournis par les expériences dans lesquelles on détermine la quantité de sang qui passe par une artère ouverte prouve que cette quantité est beaucoup plus considérable que celle qui y passe à l'état normal. En effet, comme la carotide, dont l'aire est dix-huit fois plus petite que celle de l'aorte primitive, laisse passer une fois blessée le tiers de la masse totale, l'aorte primitive devrait dans le même temps en laisser passer dix-huit fois autant, c'est-à-dire une quantité six fois égale à la masse totale, ce qui est matériellement impossible, attendu que le cœur n'en reçoit ni n'en chasse autant pendant une minute dans le système artériel. De même, comme il passe en une minute dans la fémorale ouverte plus de la moitié de la masse susceptible d'être obtenue par hémorrhagie, il devrait en passer dans le même temps une quantité égale à la première par l'autre fémorale, ce qui, avec le produit des carotides, représenterait pour ces quatre artères seulement une masse supérieure à celle qui est donnée par les émissions mortelles.

La proportion si grande des fluides qui passent dans une artère blessée est un fait extrêmement remarquable, digne de toute l'attention des physiologistes, bien qu'il n'ait pas, comme moyen de mesurer la vitesse de la circulation, la valeur qu'on a pu lui attribuer. Ce fait s'explique rationnellement par l'accroissement de vitesse qu'éprouve le sang sous l'influence des trois causes suivantes : 1° la suppression de la résistance opposée au courant artériel par le sang contenu au delà

AGE DES CHEVAUX.	Poids des chevaux.	Quantité de sang écoulé dans les 30 premières secondes.	Quantité des 30 secondes suivantes.	2e minute.	3e minute.	4e minute.	5e minute.	6e minute.	7e minute.	8e minute.	9e minute.	10e minute.	QUANTITÉ totale.	RAPPORT entre cette quantité et le poids du corps.
Première série.														
	kil.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.		
heval entier.	308	3310	3182	4750	3330	2235	1177	490	280	85	»	»	18839	:: 1 : 16,35
heval, 12 ans.	320	3990	3700	3800	1700	1370	1040	880	290	170	170	131	17241	:: 1 : 18,56
heval hongre, 16 ans.	325	2320	2300	3940	2300	1610	1220	1295	660	550	410	220	16825	:: 1 : 19,31
heval entier.	335	3980	3720	4230	1700	1200	880	750	420	330	250	110	17570	:: 1 : 20,20
heval entier.	362	5020	3530	5145	2700	1050	450	260	45	»	»	»	18200	:: 1 : 19,88
heval entier.	384	4340	3920	6310	3460	2230	950	475	200	247	25	»	22157	:: 1 : 17,33
heval, 12 ans.	389	4750	3720	4850	3625	2385	1580	655	207	254	056	»	22882	:: 1 : 17,00
heval, 16 ans.	408	4685	3830	5100	4265	3205	1112	480	300	»	»	»	22977	:: 1 : 17,75
heval, 16 ans.	409	5280	4500	6150	3573	1865	730	290	410	320	275	»	23395	:: 1 : 17,48
heval, 14 ans.	422	3130	2530	4000	2440	3240	1350	870	225	»	»	»	17985	:: 1 : 23,45
Seconde série.														
heval hongre.	226	2100	1900	2680	1690	920	145	180	»	»	»	»	9615	:: 1 : 23,50
heval hongre, 18 ans.	248	4693	3390	3670	930	390	265	130	75	»	»	»	13563	:: 1 : 18,28
heval hongre.	284	2950	2350	3745	2280	1705	1805	1235	1045	630	290	»	18035	:: 1 : 15,74
iment.	336	4960	4030	3420	1930	1340	1120	670	550	345	195	»	18580	:: 1 : 18,08
heval hongre.	340	4800	4440	4820	2930	2640	1710	1300	720	290	225	030	23925	:: 1 : 14,21
heval entier.	349	3700	3280	4150	2620	1860	1180	740	580	375	115	»	18500	:: 1 : 18,86
heval, 16 ans.	363	5930	3510	4120	2380	1722	1235	775	601	193	256	241	20983	:: 1 : 17,29
iment. 12 ans.	370	3500	3030	4775	2330	1270	530	590	540	022	»	»	16607	:: 1 : 22,88
heval entier.	380	1700	240	2150	3240	3885	3300	2375	1300	1270	695	350	20503	:: 1 : 18,53
iment.	390	3110	3030	6250	3970	2170	1030	670	480	310	»	»	21040	:: 1 : 18,53
iment	397	3840	3425	5075	3640	1550	590	270	090	095	075	»	18650	:: 1 : 21,28
heval entier, 18 ans.	493	7020	6350	7330	4910	3700	2160	850	840	245	113	»	33818	:: 1 : 14,57

Troisième série.

AGE DES CHEVAUX.	Poids des chevaux.	Quantité des 30 premières secondes.	Quantité des 30 secondes suivantes.	3e minute.	3e minute.	4e minute.	5e minute.	6e minute.	7e minute.	8e minute.	9e minute.	10e minute.	11e minute.	12e minute.	13e minute.	14e minute	15e minute.	16e minute.	17e minute.	18e minute.	19e minute.	20e minute.	21e minute	22e minute	23e minute.	24e minute.	25e minute.	QUANTITÉ totale.	RAPPORT entre le poids du sang et le poids du corps
	kil.																												
eval hongre, 15 ans.	275	715	730	1300	1470	1070	1380	1280	1180	723	700	640	515	360	390	370	300	203	230	150	253	»	»	»	»	»	»	14125	:: 1 : 19,46
eval entier, 16 ans.	298	800	820	1693	1530	1430	1303	1205	880	780	650	533	523	460	390	330	330	360	240	230	280	230	120	153	185	145	105	15393	:: 1 : 19,33
eval hongre.	314	480	410	515	1270	1285	1070	1083	970	990	705	600	563	430	430	345	320	333	310	370	273	220	93	»	»	»	»	13115	:: 1 : 23,94
ment, 9 ans.	316	750	830	1980	2080	1870	1430	1120	740	568	577	513	510	340	450	440	400	400	273	170	170	175	10	»	»	»	»	15390	:: 1 : 20,27
eval entier, 14 ans.	321	870	920	1930	1730	1380	1333	910	970	850	773	730	650	576	584	465	473	360	245	240	105	75	»	»	»	»	»	16413	:: 1 : 19,55
eval entier, 14 ans.	337	800	835	1780	2350	2540	1480	1660	1030	900	760	700	413	500	500	440	550	260	175	180	180	181	»	»	»	»	»	17816	:: 1 : 18,92
ment, 13 ans.	341	830	970	2400	2150	1900	1530	1270	950	850	740	680	560	660	420	650	480	400	460	370	390	350	270	140	»	»	»	19160	:: 1 : 17,79
ment, 15 ans	367	700	940	1780	1470	1770	1780	1670	1636	1090	620	750	593	570	563	603	503	490	335	563	375	323	270	290	270	80	»	19860	:: 1 : 18,42
eval hongre.	368	600	1009	2250	2270	2170	1913	1300	1220	770	470	470	670	570	510	610	240	330	150	100	»	»	»	»	»	»	»	17795	:: 1 : 20,79
eval entier, 15 ans.	373	1240	1420	2090	1930	1045	1113	1023	1123	880	633	650	590	640	510	680	100	330	210	130	»	»	»	»	»	»	»	16563	:: 1 : 22,70
ment, 13 ans.	400	940	930	2080	1920	1570	1370	1333	1103	880	860	745	540	510	430	270	203	135	155	115	75	40	»	»	»	»	»	16210	:: 1 : 24,67
eval entier, 12 ans.	403	600	710	1560	1280	1280	1170	1500	1310	1280	1260	1220	1190	1050	730	390	600	445	155	110	»	»	»	»	»	»	»	17780	:: 1 : 28,49

Quatrième série.

AGE DES CHEVAUX.	Poids des chevaux.	Quantité de sang écoulé dans les 30 premières secondes.	Quantité des 30 secondes suivantes.	2e minute.	3e minute.	4e minute.	5e minute.	6e minute.	7e minute.	8e minute.	9e minute.	10e minute.	QUANTITÉ totale.	RAPPORT entre le poids du sang et le poids du corps.
	kil.													
ieval hongre.	220	3450	2390	3820	1930	940	475	205	»	»	»	»	13210	:: 1 : 16,65
ieval entier.	290	7840	4100	3850	2120	1120	530	365	480	270	180	»	20955	:: 1 : 13,83
iment, 16 ans.	306	5910	4749	3200	1040	345	250	115	»	»	»	»	15609	:: 1 : 19,60
iment, 13 ans.	321	4900	3080	3310	1820	1280	615	315	»	»	»	»	15320	:: 1 : 20,95
iment, 13 ans.	332	9530	4200	4630	1630	770	710	150	90	»	»	»	21710	:: 1 : 15,29
ieval entier, 14 ans.	332	6180	3350	3835	1570	1020	500	270	»	»	»	»	16725	:: 1 : 19,85
ieval hongre, 15 ans.	333	7230	4260	3000	1100	300	200	»	»	»	»	»	16090	:: 1 : 20,69
iment.	337	3105	2540	3570	2850	2970	1320	1220	860	»	»	»	18435	:: 1 : 17,73
ieval hongre, 14 ans.	363	7340	4650	2980	1000	350	»	»	»	»	»	»	16320	:: 1 : 22,24
heval entier, 15 ans.	371	4812	4630	2880	2450	2015	1445	850	510	170	100	»	19862	:: 1 : 18,67
heval hongre.	389	4995	5140	6120	2030	555	450	415	355	»	»	»	20060	:: 1 : 19,39
iment, 16 ans.	413	6020	4830	2130	1750	1015	460	»	»	»	»	»	16205	:: 1 : 25,48

au point blessé et dans le système capillaire ; 2° la diminution de la pression supportée par les fluides au niveau de la solution de continuité vers laquelle la réaction élastique de tout le système pousse le sang qui tend à se mettre en équilibre de pression, et qui se meut alors en se dirigeant de toutes parts vers ce point blessé ; enfin à l'accélération des mouvements du cœur, qui, dans cette circonstance, devient très grande au bout d'un certain temps ; mais cette dernière cause a peu d'influence, puisque dans les premiers moments de l'hémorrhagie l'accélération est peu sensible, et que d'ailleurs le cœur ne lance dans les artères que le sang rapporté par les veines, en quantité notablement réduite.

La vitesse de la circulation paraît susceptible d'être modifiée par l'action de diverses substances qui parviennent par absorption dans les vaisseaux, ou qui sont injectées directement dans les veines et mêlées immédiatement à la masse du sang. Les expériences de M. Poiseuille offrent à cet égard des données intéressantes, et surtout sous le rapport de la thérapeutique.

Cette vitesse uniforme dans des vaisseaux de même ordre fait que toutes les molécules du sang mettent un temps plus ou moins long à parcourir le double cercle pulmonaire et aortique, suivant l'étendue même de ce dernier, dont les proportions sont très variables.

En effet, le système vasculaire se compose d'une infinité de cercles, qui sont d'autant plus longs qu'ils appartiennent à des parties plus éloignées du cœur. Ainsi le cercle des vaisseaux du cœur est le plus petit, celui des vaisseaux de la tête, de l'estomac, du foie, de la rate, plus grand, puis les cercles de l'intestin, des viscères de la cavité pelvienne, et enfin les plus étendus sont ceux des pieds antérieurs et postérieurs. Les molécules sanguines qui, parties du ventricule gauche, s'engagent dans les artères coronaires, ont tout au plus un trajet de 2 ou 3 décimètres pour arriver aux capillaires, puis un trajet égal au premier pour revenir par les veines cardiaques à l'oreillette droite. Les molécules qui pénètrent dans l'artère bronchique n'ont au plus qu'à franchir un espace de 40 ou 50 centimètres pour parvenir à la partie postérieure du poumon et autant pour revenir au cœur. Celles qui vont au rein ont un trajet artériel de 1 mètre, enfin celles qui se rendent au pied de derrière ont à parcourir un trajet artériel de plus de 2 mètres 1/2, et par conséquent les molécules sanguines de la même ondée, sorties ensemble du cœur, n'y reviennent pas toutes à la fois ou après un laps de temps égal : celles qui s'engagent dans les petits cercles peuvent être de retour à l'organe central avant que les autres aient parcouru le tiers, la moitié, les trois quarts du leur ; les premières peuvent par là recommencer un second tour de circulation avant que les autres aient achevé le leur.

La vitesse des molécules sanguines varie aussi suivant les points d'un cercle vasculaire quelconque : elle est à son maximum dans la section artérielle ; elle diminue dans les capillaires, puis s'accélère de nouveau dans les veines, et notamment à mesure qu'on se rapproche de leur abouchement au cœur.

Dans les artères, la vitesse est à son maximum ; mais elle diminue à mesure qu'on se rapproche des dernières divisions de ces vaisseaux, car le système artériel augmente de capacité à mesure qu'on se rapproche des capillaires, ou, en termes, il représente, suivant la comparaison classique, un cône tron-

sommet répond au cœur, et la base aux vaisseaux capillaires. Or, comme il doit sortir des dernières divisions artérielles autant de sang qu'il en entre dans le tronc aortique, il faut qu'en une unité de temps il passe par toutes les sections de même longueur du système artériel des quantités de sang égales entre elles, et par conséquent la vitesse doit être d'autant moindre que la capacité du système devient plus considérable. Sous ce rapport il y a identité parfaite entre le mouvement du sang dans les artères et celui des fluides dans les canaux inertes.

L'estimation précise de cette vitesse dans les divers points du système artériel n'est trouvée ni d'une manière absolue, ni d'une manière relative. D'après Keill elle serait de 156 pieds par minute, et suivant les calculs de Hales, dont les données sont loin d'être exactes, elle serait pour le cheval de 1 735 pieds par heure dans l'aorte, et pour le chien de 2 895 pieds dans le même temps et pour le même vaisseau. Déjà dans le point où naissent l'aorte antérieure et la postérieure, la vitesse du sang ne serait plus à sa vitesse initiale que comme 36 est à 46. Enfin, suivant Keill, la vitesse serait tellement ralentie dans les petites artérioles auxquelles succèdent les capillaires qu'elle deviendrait à la vitesse initiale : : 1 : 5233; mais ce sont là des évaluations établies sur des bases incertaines, évaluations dont il ne faut pas tenir compte.

Une fois le sang parvenu dans le système capillaire, sa vitesse doit être ralentie, car l'étude minutieuse des réseaux capillaires montre que ces petits vaisseaux doivent offrir dans leur ensemble une lumière totale infiniment supérieure à celle des artères. Comme l'aire de tous les capillaires réunis représente peut-être des centaines de fois celle de l'aorte primitive, la vitesse du sang qui les parcourt est probablement des centaines de fois moindre que celle du fluide que le cœur pousse dans la grande artère. Toutefois, il importe de se rappeler que la vitesse observée sous le microscope, dans les parties transparentes, est augmentée en raison directe du grossissement donné par les lentilles, et que par conséquent elle se présente alors sous un aspect bien différent de l'état normal.

Ce sang, rentré dans les veines, reprend peu à peu de la vitesse en passant dans des canaux dont la lumière totale se rétrécit à mesure qu'on se rapproche du cœur. Il serait facile d'établir le rapport entre la vitesse du sang veineux et celle du sang artériel, si l'on connaissait exactement la relation qui existe entre l'aire des veines et celle des artères qui leur correspondent; mais on peut approximativement évaluer la vitesse du sang noir à une moitié de celle du sang rouge, puisque la capacité des veines paraît en général à peu près double de celle des artères. Keill, en comparant les quantités de sang qui, dans une unité de temps, s'écoulent de l'artère fémorale à celles qui s'échappent de la veine du même nom, est arrivé à conclure que la vitesse du sang du premier vaisseau est à celle du sang de la seconde comme 7 1/2 est à 3, et il a ainsi obtenu une évaluation en apparence peu éloignée de la vérité, quoique basée sur des éléments dont la valeur est très contestable. Quoi qu'il en soit, il est certain que la vitesse des fluides dans les veines très rapprochées du cœur diffère peu de celle que possède le sang artériel, car il faut de toute nécessité que la masse de sang qui passe en une unité de temps dans les deux veines caves sur un trajet de 1 décimètre soit égale à celle qui, dans le même temps, passe dans une même étendue de l'aorte.

D'après les considérations qui précèdent, il nous est facile d'arriver à saisir les rapports qui existent entre les courants qui partent du cœur et ceux qui reviennent cet organe, de même que les rapports qui sont établis entre la petite et la grande circulation.

Nous avons déjà vu que la quantité de sang que le cœur lance dans le système artériel en une unité de temps doit être égale à celle que cet organe reçoit du système veineux pendant le même espace; et en effet il est de toute évidence qu'à l'état normal, c'est-à-dire tant que la circulation s'effectue régulièrement, le cœur ne peut chasser que ce qu'il reçoit. Il n'y a d'exception à cela que dans certaines circonstances où l'équilibre est rompu, comme au moment de l'agonie et lors des grandes émissions qui résultent des blessures aux artères volumineuses.

Mais comme le sang veineux apporté au cœur droit doit passer par le poumon avant de revenir au cœur gauche, qui le chasse dans toutes les parties, il faut de toute nécessité qu'il y ait une relation intime entre la circulation générale et la circulation pulmonaire. Pour bien saisir cette relation, il faut se représenter le système vasculaire comme étant rempli de liquide, sans nous inquiéter de savoir suivant quelles proportions il est réparti dans les artères, les veines et les capillaires, soit du poumon, soit des diverses parties de l'organisme. Or, à un moment quelconque, les deux ventricules, en se contractant, lancent tous les deux, l'un dans l'aorte, l'autre dans l'artère pulmonaire, la même quantité de sang. Au même moment aussi, les deux oreillettes, en se dilatant, reçoivent, l'une par les veines caves, l'autre par les veines pulmonaires, une masse de fluide qui est égale pour ces deux cavités. Il suffit de réfléchir avec quelque peu d'attention aux phénomènes généraux de la circulation pour se convaincre que les choses ne peuvent se passer autrement.

Si, par exemple, le ventricule gauche lance en une unité de temps 666 grammes de sang dans le système artériel aortique, il faut nécessairement que dans cette unité il ait reçu ces 666 grammes de liquide; par conséquent l'oreillette gauche a reçu du poumon, par les veines pulmonaires, autant de sang que le ventricule correspondant en a chassé dans tout le corps. Pour que les veines pulmonaires rapportent cette quantité de fluide à l'oreillette gauche, il faut qu'elles l'aient reçue des artères pulmonaires, où elle a été lancée par le ventricule droit. Donc le cœur droit ne doit lancer dans le poumon ni plus ni moins de sang que le cœur gauche ne doit en chasser dans tout le reste de l'organisme. En un temps donné, il doit pénétrer autant de sang dans l'aorte que dans l'artère pulmonaire, autant dans les capillaires du poumon que dans ceux des autres parties, autant dans les veines pulmonaires que dans les veines caves, et enfin autant dans l'oreillette droite que dans la gauche, autant dans le ventricule antérieur que dans le postérieur. D'où il suit qu'en une minute, en une heure, ou en un jour, le système de la petite circulation reçoit et renvoie la même quantité de fluides que celle que reçoit et renvoie la grande circulation.

Il ne suit pas de là cependant que les vaisseaux de la circulation pulmonaire contiennent à un moment donné autant de sang que les vaisseaux de la circulation générale. Evidemment l'aorte et ses divisions ont une capacité de beaucoup supérieure à l'artère pulmonaire et à ses ramifications; les capillaires généraux ont une

étendue infiniment plus considérable que les capillaires du poumon et les veines caves une capacité plus grande que les veines pulmonaires, et par suite, en un temps donné, il se trouve dans le système vasculaire général une masse de sang qui dépasse un grand nombre de fois celle que contient le système vasculaire du poumon; mais ces différences, si considérables qu'elles soient, ne changent rien aux rapports qui existent entre les masses de sang que reçoivent et donnent les deux systèmes circulatoires.

En terminant l'analyse de la circulation, disons un mot de l'opération par laquelle on fait passer dans les vaisseaux d'un animal du sang provenant d'un autre animal de même espèce ou d'espèce différente.

Après la découverte du cours du sang, la transfusion fut tentée par un grand nombre d'expérimentateurs sur l'homme et les animaux. D'abord on fit passer dans les veines d'un chien le sang d'une brebis, et dans celles d'un cheval le sang de plusieurs agneaux, sans qu'il en résultât d'accidents, puis on injecta dans les veines de l'homme, soit le sang veineux, soit le sang artériel de divers animaux.

Les procédés que l'on peut employer pour effectuer cette opération sont nombreux: leur perfection a une importance capitale dont il faut bien se pénétrer lorsqu'on veut se servir de la transfusion comme moyen thérapeutique.

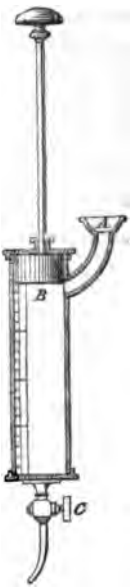
Le plus ancien de ces procédés, imaginé par Lower, consiste à adapter, à l'aide d'un tube, la carotide d'un animal à la jugulaire de celui auquel on veut faire passer du sang. Il devient d'une grande simplicité, si l'on se sert dans ce but d'un tube de caoutchouc de plusieurs décimètres de longueur portant à chacune de ses extrémités un petit tube métallique, l'un destiné à s'engager dans la carotide de l'animal qui doit fournir le sang, et l'autre à pénétrer par la simple ouverture d'une lancette dans la veine de celui qui doit recevoir le fluide. Pour opérer la transfusion, on commence par adapter le tube à la carotide du premier sujet et on le laisse se remplir de sang avant de l'introduire dans la veine du second, afin que l'air qui se trouvait dans ce tube ne fût pas poussé dans les veines. Le petit appareil une fois fixé, l'impulsion communiquée au sang de la carotide pousse rapidement ce fluide dans la veine du deuxième animal, qui, en un temps très court, en reçoit de grandes quantités. La promptitude de cette transfusion oblige à l'interrompre de temps en temps, en retirant l'extrémité du tube engagée dans la jugulaire; mais alors il faut avoir soin, avant de la remettre en place, de faire tomber le caillot, qui souvent peut être entraîné par la seule force impulsive du sang. C'est de cette manière que j'ai plusieurs fois transfusé en quantités considérables le sang d'un animal à un autre animal de même espèce ou d'espèce différente.

Un second procédé, dû à King, contemporain de Lower, consiste à faire passer le sang, non plus d'une artère dans une veine, mais d'une veine dans une autre veine, en réunissant, par exemple, au moyen d'un tube, la jugulaire de celui qui doit donner le sang à la jugulaire d'un autre destiné à le recevoir. Alors, pourvu que l'une des extrémités du tube soit tournée vers les capillaires sur le sujet qui donne le sang, et l'autre extrémité vers le cœur sur celui qui reçoit ce fluide, la transfusion s'opère d'elle-même avec lenteur.

Enfin, par un dernier procédé, le sang est retiré des vaisseaux puis injecté ...tement après, à l'aide d'une petite seringue. Mais, comme le sang se

coagule promptement, il arrive souvent que la fibrine a pris, en partie, l'état solide avant que l'injection soit achevée ; et comme, d'autre part, l'instrument pousse dans les veines un peu d'air avec le sang, on voit souvent se produire des accidents. Pour les éviter, on peut, avec avantage, se servir d'un petit appareil (fig. 80), qui se compose d'un corps de pompe portant à son extrémité supérieure un tube latéral évasé, et à son extrémité inférieure un ajutage courbe à robinet. Lorsqu'on veut en faire usage, on retire le piston en haut et l'on reçoit le sang par le tube latéral A. Dès que le niveau du liquide s'élève à une certaine hauteur dans ce dernier, on n'a plus à craindre qu'il reste de l'air dans l'appareil, qui aussitôt est prêt à être adapté à la veine; on engage l'ajutage dans celle-ci après avoir ouvert le robinet, et l'on exécute l'injection. A l'aide de ce petit instrument, il est facile de recevoir directement le sang de la veine de l'animal qui le fournit, et de le transfuser promptement bien avant sa coagulation; enfin on n'a pas à craindre l'introduction de l'air.

Fig. 80.



Dans tous les cas, et quel que soit le procédé mis en usage pour la transfusion, il importe d'effectuer celle-ci lentement, de s'opposer à la pénétration de l'air dans les vaisseaux, et enfin d'éviter la coagulation, même partielle, si faible qu'elle soit, du fluide injecté. C'est faute de prendre ces précautions que la transfusion donne lieu à des accidents très graves et souvent mortels.

La transfusion produit de bons résultats quand on fait passer dans les vaisseaux d'un animal du sang, soit veineux, soit artériel, d'un animal de même espèce; elle peut être supportée quand le sang transfusé provient d'une autre espèce de même classe. Ainsi le sang du mouton, celui de l'agneau, du veau, ont été transfusés à l'homme, au cheval, au chien; celui de l'homme au chien ; mais ce sang d'une espèce étrangère ne peut être supporté qu'en petite quantité; il détermine plus ou moins rapidement la mort, si on le substitue en forte proportion au propre sang de l'animal. Blundell a vu des chiens, préalablement affaiblis par des hémorrhagies abondantes, mourir quelques jours après qu'on leur eut transfusé du sang humain. D'autres ont vu les moutons périr à la suite de la transfusion du sang de veau, les chiens après celle du sang du cheval ou de la brebis. J'ai moi-même vu mourir un cheval qui, après plusieurs saignées de 25 livres de sang, avait reçu, au moyen du procédé précédemment décrit, la plus grande partie du sang artériel d'une vache. Cependant M. Delafond a transfusé à l'âne, et sans inconvénient, de 4 à 5 kilogrammes de sang du cheval. D'ailleurs le sang des mammifères tue promptement les oiseaux. On s'explique sans difficulté ces résultats par les différences qui existent, d'espèce à espèce, dans la forme, les dimensions des globules, les propriétés physiques et la composition intime du fluide nutritif.

Les effets salutaires de la transfusion pratiquée dans les circonstances où il y a affaiblissement extrême, à la suite des émissions sanguines, ne sont pas douteux. Un grand nombre d'exemples rassemblés dans le savant ouvrage de M
sieur Bérard en donnent la preuve. Mais il ne faut pas attendre de c

effets merveilleux, tels que ceux qui ont été signalés par les anciens expérimentateurs. Il est fort douteux que la transfusion du sang à un chien devenu sourd lui ait rendu l'ouïe meilleure, que le sang de quelques agneaux ait donné beaucoup de force à un vieux cheval, que celui d'un chien vigoureux ait guéri un autre chien malade. Enfin il serait presque ridicule d'espérer que le sang d'un sujet sain rendrait la vigueur à un animal épuisé, que celui d'un animal jeune rendrait à un animal vieilli l'ardeur des premières années. Il ne serait pas moins absurde de penser que le sang de la brebis pût rendre le loup paisible, ou que celui d'un carnassier pût faire perdre à l'herbivore ses mœurs pacifiques. La transfusion faite dans de pareilles conditions ne peut que donner au physiologiste un sujet intéressant d'études. La seule qui soit susceptible de rendre des services est celle du sang d'un animal à un autre de la même espèce affaibli par des émissions accidentelles abondantes.

LIVRE HUITIÈME.

DE LA NUTRITION.

Le résultat final de la digestion, de l'absorption, de la respiration et de la circulation, est de préparer le fluide nutritif et de le distribuer à toutes les parties de l'organisme auxquelles il donne les matériaux nécessaires à leur entretien, à leur accroissement et à leur rénovation. La formation, le renouvellement de ce fluide et la conversion de ses éléments en substance organisée, donnent lieu à une nouvelle série de phénomènes dont l'ensemble constitue la nutrition.

Cette fonction complexe dérive d'une suite de métamorphoses qu'il faut examiner les unes après les autres, sous le rapport de leur mode de succession, de leur nature et des lois qui les régissent ; leur étude va nous initier à des opérations mystérieuses dont l'analyse, extrêmement difficile, peut être poussée assez loin par le secours des connaissances chimiques actuelles.

CHAPITRE XLV.

DES PHÉNOMÈNES GÉNÉRAUX DE LA NUTRITION.

Le travail nutritif, offrant des éléments et des lois dont les caractères essentiels sont communs à toutes les parties, doit être envisagé d'abord d'une manière générale avant d'être suivi sous toutes ses phases et avec ses variantes infinies dans les divers tissus de l'organisme ; et il doit l'être dans les fluides avant de l'être dans les solides, car ce sont les premiers qui deviennent le point de départ et qui donnent les matériaux des seconds.

I. De la formation et du renouvellement des fluides organiques.

Chez les animaux supérieurs, le sang, tel qu'il est distribué à tout l'organisme pour les besoins de la nutrition et des sécrétions, dérive de deux fluides distincts absorbés, puis charriés par des vaisseaux particuliers. Ces deux fluides, qui sont le chyle et la lymphe, proviennent, l'un des matières étrangères préparées par le travail digestif, l'autre des matières liquéfiées faisant déjà partie de l'organisme, mais en dehors des vaisseaux. Ils ont pour caractères essentiels : 1° d'être recueillis et transportés par des canaux particuliers qui s'ouvrent dans ceux du sang ; 2° d'offrir les éléments principaux nécessaires à la constitution de ce dernier ; [illegible] de posséder l'aptitude à se convertir en sang sous l'influence de la resp[illegible]

Troisième série.

AGE DES CHEVAUX.	Poids des chevaux.	Quantité des 30 premières secondes.	Quantité des 30 secondes suivantes.	3e minute.	3e minute.	4e minute.	5e minute.	6e minute.	7e minute.	8e minute.	9e minute.	10e minute.	11e minute.	12e minute.	13e minute.	14e minute	15e minute.	16e minute.	17e minute.	18e minute.	19e minute.	20e minute.	21e minute.	22e minute.	23e minute.	24e minute.	25e minute.	QUANTITÉ totale.	RAPPORT entre le poids du sang et le poids du corps
	kil.																												
Cheval hongre, 15 ans.	275	715	730	1500	1470	1070	1380	1280	1180	723	700	640	515	560	390	370	300	203	230	150	233	»	»	»	»	»	»	14125	:: 1 : 19,46
Cheval entier, 16 ans.	298	800	820	1693	1510	1410	1503	1205	880	780	650	553	523	460	390	350	330	360	240	230	280	230	120	153	185	145	103	15393	:: 1 : 19,35
Cheval hongre.	314	480	410	515	1270	1285	1070	1083	970	990	705	600	563	450	450	345	320	333	310	370	273	220	93	»	»	»	»	13115	:: 1 : 23,94
Jument, 9 ans.	316	750	850	1980	2080	1870	1450	1120	740	568	577	515	510	540	450	440	400	400	275	170	170	175	40	»	»	»	»	»	18590	:: 1 : 20,27
Cheval entier, 14 ans.	321	870	920	1930	1730	1580	1333	910	970	850	775	730	650	576	584	465	473	560	245	240	105	75	»	»	»	»	»	»	16413	:: 1 : 19,53
Cheval entier, 14 ans.	357	800	835	1780	2350	2540	1480	1660	1030	900	760	700	413	500	500	440	550	260	175	180	180	181	»	»	»	»	»	»	17816	:: 1 : 18,92
Jument, 13 ans.	341	830	970	2400	2150	1900	1530	1270	930	850	740	680	500	660	420	650	480	400	460	370	590	350	270	140	»	»	»	»	19160	:: 1 : 17,79
Jument, 15 ans	367	700	940	1780	1470	1770	1780	1670	1636	1090	620	750	593	570	563	603	503	490	335	563	575	323	270	290	270	80	»	»	19860	:: 1 : 18,42
Cheval hongre.	368	600	1000	2230	2270	2170	1915	1500	1220	770	470	470	670	570	510	610	240	330	150	100	»	»	»	»	»	»	»	»	17795	:: 1 : 20,79
Cheval entier, 15 ans.	373	1240	1420	2090	1950	1045	1113	1023	1123	880	655	650	590	640	510	680	100	330	210	130	»	»	»	»	»	»	»	»	16563	:: 1 : 22,70
Jument, 13 ans.	400	940	930	2080	1920	1570	1570	1335	1105	880	860	745	540	510	450	270	203	135	155	115	75	40	»	»	»	»	»	»	16210	:: 1 : 24,67
Cheval entier, 12 ans.	403	600	710	1360	1280	1280	1170	1500	1310	1280	1260	1220	1190	1050	730	390	600	445	135	110	»	»	»	»	»	»	»	»	17780	:: 1 : 28,49

Quatrième série.

AGE DES CHEVAUX.	Poids des chevaux.	Quantité de sang écoulé dans les 30 premières secondes.	Quantité des 30 secondes suivantes.	2e minute.	3e minute.	4e minute.	5e minute.	6e minute.	7e minute.	8e minute.	9e miaute.	10e minute.	QUANTITÉ totale.	RAPPORT entre le poids du sang et le poids du corps.
	kil.													
Cheval hongre.	220	3450	2390	3820	1930	940	475	205	»	»	»	»	13210	:: 1 : 16,65
Cheval entier.	290	7840	4100	3850	2120	1120	530	365	480	270	180	»	20958	:: 1 : 13,83
Jument, 16 ans.	306	5910	4749	3200	1040	345	250	115	»	»	»	»	15609	:: 1 : 19,60
Jument, 13 ans.	321	4900	3080	3310	1820	1280	615	315	»	»	»	»	15320	:: 1 : 20,95
Jument, 13 ans.	332	9530	4200	4630	1630	770	710	150	90	»	»	»	21710	:: 1 : 15,29
Cheval entier, 14 ans.	332	6180	3350	3835	1570	1020	500	270	»	»	»	»	16725	:: 1 : 19,85
Cheval hongre, 15 ans.	333	7230	4260	3000	1100	300	200	»	»	»	»	»	16090	:: 1 : 20,69
Jument.	337	3105	2540	3570	2850	2970	1320	1220	860	»	»	»	18435	:: 1 : 17,73
Cheval hongre, 14 ans.	363	7340	4650	2980	1000	350	»	»	»	»	»	»	16320	:: 1 : 22,24
Cheval entier, 15 ans.	371	4812	4630	2880	2450	2015	1445	850	510	170	100	»	19862	:: 1 : 18,67
Cheval hongre.	389	4995	5140	6120	2030	555	450	415	355	»	»	»	20060	:: 1 : 19,39
Jument, 16 ans.	413	6020	4830	2130	1750	1015	460	»	»	»	»	»	16205	:: 1 : 25,48

u point blessé et dans le système capillaire ; 2° la diminution de la pression supportée par les fluides au niveau de la solution de continuité vers laquelle la réaction lastique de tout le système pousse le sang qui tend à se mettre en équilibre de ression, et qui se meut alors en se dirigeant de toutes parts vers ce point blessé ; enfin à l'accélération des mouvements du cœur, qui, dans cette circonstance, evient très grande au bout d'un certain temps ; mais cette dernière cause a peu influence, puisque dans les premiers moments de l'hémorrhagie l'accélération est n sensible, et que d'ailleurs le cœur ne lance dans les artères que le sang rapporté par les veines, en quantité notablement réduite.

La vitesse de la circulation paraît susceptible d'être modifiée par l'action de verses substances qui parviennent par absorption dans les vaisseaux, ou qui sont jectées directement dans les veines et mêlées immédiatement à la masse du ng. Les expériences de M. Poiseuille, offrent à cet égard des données intéressantes, et surtout sous le rapport de la thérapeutique.

Cette vitesse uniforme dans des vaisseaux de même ordre fait que toutes les molcules du sang mettent un temps plus ou moins long à parcourir le double cercle lmonaire et aortique, suivant l'étendue même de ce dernier, dont les proportions nt très variables.

En effet, le système vasculaire se compose d'une infinité de cercles, qui nt d'autant plus longs qu'ils appartiennent à des parties plus éloignées du eur. Ainsi le cercle des vaisseaux du cœur est le plus petit, celui des vaisseaux la tête, de l'estomac, du foie, de la rate, plus grand, puis les cercles de l'intin, des viscères de la cavité pelvienne, et enfin les plus étendus sont ceux des eds antérieurs et postérieurs. Les molécules sanguines qui, parties du ventricule uche, s'engagent dans les artères coronaires, ont tout au plus un trajet de 2 ou décimètres pour arriver aux capillaires, puis un trajet égal au premier pour venir par les veines cardiaques à l'oreillette droite. Les molécules qui pénètrent ns l'artère bronchique n'ont au plus qu'à franchir un espace de 40 ou 50 centièmes pour parvenir à la partie postérieure du poumon et autant pour revenir au eur. Celles qui vont au rein ont un trajet artériel de 1 mètre, enfin celles qui se ndent au pied de derrière ont à parcourir un trajet artériel de plus de 2 mètres 1/2, par conséquent les molécules sanguines de la même ondée, sorties ensemble du eur, n'y reviennent pas toutes à la fois ou après un laps de temps égal : celles qui engagent dans les petits cercles peuvent être de retour à l'organe central avant ue les autres aient parcouru le tiers, la moitié, les trois quarts du leur ; les preières peuvent par là recommencer un second tour de circulation avant que les ıtres aient achevé le leur.

La vitesse des molécules sanguines varie aussi suivant les points d'un cercle sculaire quelconque : elle est à son maximum dans la section artérielle ; elle iminue dans les capillaires, puis s'accélère de nouveau dans les veines, et notamment à mesure qu'on se rapproche de leur abouchement au cœur.

Dans les artères, la vitesse est à son maximum ; mais elle diminue à mesure u'on se rapproche des dernières divisions de ces vaisseaux, car le système artériel ugmente de capacité à mesure qu'on se rapproche des capillaires, ou, en d'autres rmes, il représente, suivant la comparaison classique, un cône tronqué dont le

complétement dépourvus de globules rouges, et que ce canal n'en charrie pas un seul pendant des journées entières, si la fistule est établie de manière à mettre un obstacle absolu au reflux du sang des veines dans son intérieur. Enfin ce fluide mixte ne prend pas de teinte rosée, ne rougit nullement au contact momentané ou prolongé de l'air ou de l'oxygène pur. Il en est de même du chyle pris à la citerne sous-lombaire ou dans les chylifères du mésentère. Un grand nombre d'expériences que j'ai faites à cet égard sur nos divers animaux domestiques prouvent clairement que les globules sanguins ne se forment point dans les vaisseaux blancs, et que le chyle et la lymphe ne rougissent nullement au contact de l'air.

Puisque les globules rouges ne se développent point dans le système lymphatique, il faut de toute nécessité que le siége de leur formation soit dans les vaisseaux sanguins; mais on ne peut savoir s'il est dans toute l'étendue du système vasculaire sanguin, ou seulement dans les capillaires; néanmoins diverses considérations portent à croire qu'il est plus particulièrement dans les capillaires du poumon.

Quelle que puisse être la partie du système sanguin affectée à la production des globules rouges, ceux-ci doivent ou résulter d'une transformation des globules blancs du chyle et de la lymphe, ou se développer de toutes pièces aux dépens des principes qui sont tenus en dissolution dans le fluide nutritif.

L'hypothèse de la métamorphose des globules blancs en globules rouges, admise autrefois et repoussée à notre époque, n'a cependant rien d'invraisemblable. Quoique les globules du chyle et de la lymphe soient, pour la plupart, d'un volume supérieur à celui des globules du sang, qu'ils aient des dimensions variées, une forme particulière; qu'ils soient en faible proportion et se retrouvent en partie dans les vaisseaux sanguins avec leurs caractères primitifs, leur transformation en globules rouges ne paraît pas un phénomène impossible. Peut-être, par le fait de l'action de l'oxygène, ces globules changent de forme, de dimensions et s'imprègnent de matières colorantes; peut-être, à chaque tour de circulation pulmonaire, un certain nombre d'entre eux échappent momentanément à cette métamorphose pour la subir plus tard.

Mais si les globules sanguins ne résultent pas d'une transformation des globules des fluides blancs, ils doivent se développer de toutes pièces dans le sang, à mesure que ces derniers se détruisent. Cette formation spontanée n'a rien de plus étonnant que celle des globules blancs, qui s'est effectuée dans le système lymphatique; elle constitue le phénomène essentiel à l'entretien et au renouvellement du sang; et, une fois opérée, le mélange de chyle et de lymphe est devenu du sang parfait; car ce mélange, ce fluide mixte, est déjà du sang auquel il ne manque que des globules rouges.

La formation du sang dans l'œuf, au moment de l'incubation, est soumise à des lois analogues, sinon identiques, à celles qui règlent la genèse du sang aux dépens des fluides recueillis par les vaisseaux lymphatiques. L'œuf, soumis à l'action d'une douce chaleur et à l'influence de l'oxygène qui pénètre à travers ses enveloppes, contient tous les éléments nécessaires à la constitution du fluide nutritif : de l'eau, de l'albumine, des matières minérales diverses. Dans l'épaisseur du blastoderme, apparaissent des granulations qui bientôt s'isolent et se montrent sous l'aspect de cellules sphériques pourvues d'un noyau; peu à peu ces cellules changent d'aspect, deviennent

lliptiques, et prennent tous les caractères des globules sanguins dont la formation précède celle des vaisseaux eux-mêmes. La transformation simultanée d'une partie e l'albumine en fibrine achève le développement du fluide nutritif. Ainsi le conenu de l'œuf devient l'analogue du chyle et de la lymphe, avec cette différence u'il ne contient pas encore de fibrine, et c'est par la respiration qu'il se transforme artiellement en fluide sanguin, comme les fluides blancs se convertissent en sang lans le poumon sous la même influence. La formation du sang dans ces deux conlitions, en apparence si différentes, est régie au fond par des lois uniformes d'une dmirable simplicité.

Le renouvellement du sang, dans les conditions normales, s'opère avec une grande apidité, car ce fluide s'use continuellement par le fait de la respiration, de la utrition et des sécrétions. L'abondance et la continuité des déperditions de toutes ortes qu'il éprouve expliquent parfaitement la nécessité d'une régénération rapide. Ainsi, chez un cheval de moyenne taille, le sang fournit en une période de ingt-quatre heures 42 kilogrammes de salive, 5 kilogrammes de bile, 5 de suc pancréatique, plus de 5 de suc intestinal, plus de 12 d'urine; en tout, 69, c'est-à-dire plus de deux fois sa propre masse; en outre, il fournit une énorme proportion de fluides pour la perspiration pulmonaire, la transpiration cutanée et une quantité considérable d'albumine, de fibrine, de matières minérales diverses pour la nutrition des différentes parties de l'économie. Aussi ne doit-on pas s'étonner qu'il faille une centaine de kilogrammes de chyle et de lymphe pour réparer de telles pertes en une période si courte.

Mais tous les éléments du sang ne s'usent pas également vite, et conséquemment ils n'ont pas tous une régénération également prompte. L'eau qui leur sert de véhicule s'en va avec une vitesse excessive, emportant avec elle les matières salines. Les glandes salivaires, à elles seules, en enlèvent 15 à 20 kilogrammes pendant le repas d'un cheval ou d'un grand ruminant; la peau, les muqueuses respiratoires ou digestives, les reins, en soustraient aussi de grandes quantités en de très courtes périodes. Aussi les chylifères et les lymphatiques en versent-ils des masses énormes dans le torrent circulatoire : l'absorption fait équilibre à l'exhalation; elle répare les pertes à mesure qu'elles s'opèrent. Le sang perd ses sels en grande proportion, et il en reçoit des quantités équivalentes; il perd ensuite pour la nutrition, les sécrétions du tissu cellulaire, celles des membranes séreuses, beaucoup d'albumine, et le système lymphatique lui rapporte beaucoup de cet élément précieux, sujet à tant de métamorphoses; il perd peu de fibrine et en reçoit peu; enfin il ne paraît éprouver que des pertes insensibles de globules : aussi ces corpuscules précieux, dont la formation est si obscure, se renouvellent-ils avec une extrême lenteur.

On voit, d'après cela, qu'en somme, il y a une très grande différence entre le renouvellement du plasma sanguin et celui des globules. Le plasma, ou la solution fibrino-albumineuse qui sert de véhicule aux globules, s'use vite et se répare vite : il s'use vite, car il est l'élément de toute sécrétion et de toute nutrition; il se répare vite, car le fluide mixte qui résulte du mélange du chyle avec la lymphe est un plasma complet auquel il ne manque absolument rien, et qui vient continuellement se déverser dans le torrent circulatoire. Les globules, au contrai-

une fixité remarquable au sein du fluide dans lequel ils nagent ; ils constituent la partie réellement stable de la masse sanguine.

Les phénomènes qui se manifestent à la suite des émissions sanguines abondantes nous montrent, sous une forme saisissante, cette inégale rapidité dans la reproduction des divers éléments du fluide nutritif. Après de fortes saignées, on voit bientôt le système vasculaire se remplir ; le sang reçoit du système lymphatique de quoi remplacer son eau, ses sels, son albumine, sa fibrine ; mais ce n'est qu'après un laps de temps considérable qu'il reprend peu à peu ses globules ; et, tant qu'il n'a pas reconstitué ces derniers en proportion suffisante, il ne stimule pas assez le système nerveux et tous les rouages organiques ; il n'envoie pas aux tissus d'assez grandes quantités d'oxygène pour l'accomplissement des métamorphoses interstitielles ; en un mot, l'économie languit, faute d'une stimulation énergique.

Connaissant les principes de la conversion des aliments en chyle, de la transformation du chyle et de la lymphe en sang, il faut porter nos regards sur les métamorphoses par lesquelles le sang donne naissance à toutes les parties de l'organisme. Cette étude importante nous montrera que ces dernières opérations, extrêmement diversifiées dans leurs détails, sont régies par des lois de même ordre que celles qui président à l'accomplissement des phénomènes dont nous venons de donner une idée sommaire.

II. De la formation et du renouvellement des solides organiques.

Pour analyser complétement les actes par lesquels les parties solides de l'économie se forment, s'accroissent, se maintiennent stationnaires, pour comprendre comment dans certaines circonstances elles se régénèrent ou se détruisent, il faut examiner : 1° le mode de répartition des éléments du sang aux divers tissus ; 2° le choix que chaque partie solide exerce sur les principes nutritifs qui lui conviennent ; 3° la conversion de ces principes en ceux des tissus qui se les assimilent ; 4° les caractères et les lois de cette transformation.

§ I. — Du mode de répartition des éléments du sang aux parties solides.

Le fluide nutritif, distribué à toutes les parties par des canaux plus ou moins nombreux, dans lesquels il se meut avec une extrême rapidité, est fourni à chacune d'elles en proportion variable, suivant le degré de vascularité de ces parties, degré qui est parfaitement en rapport avec l'activité du travail d'assimilation ou de sécrétion. Il est fourni en abondance à la peau, aux muqueuses, aux glandes, aux muscles, où il y a une consommation active de ses éléments ; il est distribué en moindre quantité aux os, aux ligaments, aux tendons, où le travail d'assimilation s'effectue avec une extrême lenteur. Mais partout, même dans les tissus les plus riches en vaisseaux, les capillaires sanguins ne vont pas se rendre à chaque élément primitif, c'est-à-dire à chaque fibre et à chaque cellule. Les îles de substance organisée, circonscrites par les mailles des réseaux capillaires, renferment des fibres nerveuses, musculaires, cellulaires et autres, qui, non-seulement sont sans vaisseaux, mais encore sans rapport dans un grand nombre de points avec les canaux

sanguins ; d'ailleurs les fibres du nerf et du muscle ont un diamètre trop fin, et les parois des cellules une minceur trop considérable, pour qu'il puisse exister des capillaires dans l'épaisseur de ces fibres ou de ces cellules. Aussi faut-il de toute nécessité que les éléments du sang sortent de leurs vaisseaux pour nourrir les éléments mêmes des tissus.

L'étude microscopique de la circulation capillaire démontre, de la manière la plus évidente, que les globules sanguins restent toujours distincts les uns des autres, et qu'ils passent constamment des artères dans les veines, sans jamais sortir de leurs canaux. La partie fluide qui sert de véhicule à ces corpuscules, c'est-à-dire le plasma, peut seule sortir des vaisseaux, à travers les porosités invisibles de leurs parois, s'infiltrer dans l'épaisseur des tissus et baigner chacun de leurs éléments. C'est en effet cette dissolution d'albumine, de fibrine et de sels, qui va donner aux solides organiques les matériaux de leur nutrition.

Ce plasma, d'une fluidité parfaite, réunit d'une part toutes les conditions qui le rendent apte à sortir des vaisseaux, et d'autre part il contient tous les matériaux que peut réclamer le travail nutritif des parties. Il renferme, ainsi que nous l'avons déjà vu, d'abord l'albumine et la fibrine, les deux principes protéiques par excellence, qui servent à la nutrition de la plupart des solides de l'organisme ; il contient les graisses, et enfin les matières salines et minérales solubles ; en un mot, c'est le sang lui-même moins les globules. Les tissus albumineux, comme le cerveau, la moelle épinière, les nerfs ; les tissus fibrineux, tels que les muscles ; les parties gélatineuses, comme les ligaments, les tendons, y trouvent les éléments essentiels de leur formation ; les os, leur phosphate calcaire ; les vésicules adipeuses, leur graisse, etc. Très probablement les matériaux du plasma ne changent ni de constitution moléculaire ni de propriétés pour sortir des capillaires sanguins ; l'albumine est, au moment où elle traverse les parois des vaisseaux, ce qu'elle était à leur intérieur, et elle est encore, à sa sortie, ce qu'elle était auparavant ; de même la fibrine, qui est en dissolution dans le sang, passe sous cette forme à travers les parois des capillaires et la conserve encore pendant un certain temps. Rien n'autorise à admettre ces prétendus changements d'état que certains auteurs, qui se fondent sur des expériences endosmométriques grossières, croient nécessaires pour expliquer la transsudation de la liqueur du sang à travers les parois vasculaires.

Peut-être, dans tous les tissus, le plasma, tel qu'il est, ne sort pas des vaisseaux ; peut-être, dans certains d'entre eux, est-ce l'albumine qui s'échappe, dans d'autres la fibrine, dans d'autres encore les matières grasses, les sels, etc., et cela en vertu d'affinités inconnues exercées par les matériaux des tissus sur ceux du fluide nutritif. Dans tous les cas, l'excédant du plasma, qui s'est extravasé, et qui n'est pas employé à la nutrition ni aux sécrétions, rentre dans le torrent de la circulation ; il est repris par les lymphatiques au sein de la plupart des organes, et par les vaisseaux sanguins eux-mêmes dans les parties qui n'ont pas de vaisseaux blancs, ou chez les animaux inférieurs qui en sont dépourvus. Quant à trouver les lois qui régissent la sortie du plasma hors des vaisseaux et sa rentrée ultérieure, soit dans les lymphatiques, soit dans les capillaires sanguins, c'est une tâche qu'il est actuellement impossible de remplir.

La partie globulaire du sang qui, sous sa forme propre, ne peut sortir des

vaisseaux, ne reste pas étrangère au travail de la nutrition. D'abord, les globules qui ont pris dans les poumons une teinte vermeille, sous l'influence de l'oxygène atmosphérique, deviennent noirs à leur passage dans les capillaires généraux où ils paraissent céder de l'oxygène aux tissus. Ce gaz y joue un rôle capital en déterminant les métamorphoses de diverses substances et en brûlant peu à peu l'hydrogène et le carbone des composés organiques. Du reste, il peut très bien se faire qu'une certaine quantité de globules se détruisent, se dissolvent dans le plasma pour s'extravaser avec lui et participer ainsi au travail nutritif. La langueur et l'imperfection de la nutrition chez les animaux dont le sang est pauvre en globules, par suite ou des émissions sanguines ou de certaines conditions morbides, montrent assez que ces corpuscules ne sont pas étrangers aux phénomènes d'assimilation.

§ II. — De la sélection exercée par les éléments des tissus sur ceux du sang.

Le plasma sanguin, sorti des vaisseaux, imprègne la trame organique, baigne chaque cellule, chaque fibre, et en pénètre la substance; mais tous ses principes constituants ne sont point pourtant assimilés; les éléments de chaque tissu choisissent dans ce fluide ce qui leur convient, ils se l'approprient et abandonnent le reste.

L'affinité qui existe entre les éléments de chaque tissu et les éléments du sang règle le choix que les solides organiques exercent sur les fluides qui les baignent de toutes parts. Chaque cellule ou chaque fibre, dérivée elle-même d'une cellule, attire à elle et s'assimile les principes de même nature que celle de sa propre substance, ou si ces principes ne se trouvent pas tout formés dans le sang, elle attire ceux qui peuvent leur donner naissance, par suite de métamorphoses plus ou moins compliquées. Ainsi, la fibre cellulaire s'empare des éléments constitutifs du tissu cellulaire, la fibre musculaire prend ceux des muscles, la fibre nerveuse ceux des nerfs. Bien moins souvent la partie vivante attire à elle, pour se les assimiler, des matériaux qu'elle ne renferme pas encore. L'os, à l'état cartilagineux, s'empare du phosphate et du carbonate calcaire avec autant d'activité au moment où il n'en est pas encore imprégné que plus tard; les parties fibreuses qui s'ossifient exercent sur les matières minérales une attraction analogue; enfin, certaines parties, comme les cellules adipeuses, se remplissent d'une matière tout à fait différente de celle qui entre dans la composition de leurs propres parois.

En jetant un coup d'œil sur la constitution chimique propre aux divers tissus, on voit ce que chacun d'eux prend au fluide nutritif.

La substance nerveuse, disposée sous la forme de tubes creux, s'empare de sept centièmes d'albumine, de cinq centièmes de graisse, et d'environ huit centièmes tant de phosphore, de soufre, que de sels, puis de quatre-vingts centièmes d'eau. Le muscle prend de la fibrine en forte proportion, de l'albumine, plus une matière extractive vaguement déterminée, des chlorures, des phosphates et des lactates de soude, de potasse et de chaux. Le tissu des glandes s'approprie l'albumine et une certaine quantité de graisse. Le tissu cellulaire, les membranes séreuses, le tissu fibreux blanc, le tissu fibreux jaune, la peau, les cartilages et les os, se nourrissent

d'une matière qui s'obtient artificiellement sous forme de gélatine, de chondrine, et d'un grand nombre de sels; enfin, les os s'emparent, outre cette matière gélatineuse, dérivée probablement des métamorphoses de l'albumine, de carbonate de chaux, de phosphate de chaux et de magnésie.

Ainsi ce que chaque élément organique prend aux fluides nutritifs se convertit en substance de même nature que cet élément; ce que saisit la fibre nerveuse se transforme en substance nerveuse, ce qui est enlevé par le cartilage donne lieu à de la matière cartilagineuse. De cette manière, chaque tissu peut s'accroître, se renouveler ave plus ou moins de rapidité, tout en conservant sa nature primitive et son individualité. Lorsque la nutrition change de caractère, c'est-à-dire lorsque chaque partie ne s'empare plus des matières qui lui conviennent, et ne leur fait plus éprouver les transformations normales, cette partie se modifie dans sa texture, elle éprouve une dégénérescence qui lui donne une activité nouvelle, toute spéciale, en vertu de laquelle elle tend à se maintenir sous sa forme caractéristique.

§ III. — De la métamorphose des éléments du sang en ceux des tissus.

Les matériaux qui sont sortis des vaisseaux pour imprégner chaque fibre, chaque cellule, et remplir les espaces que ces éléments organiques laissent entre eux, jouissent de la faculté de se transformer en substance même des parties qu'ils imprègnent. Cette transformation est facile à concevoir, quant à sa nature chimique, d'après les données acquises, d'une part, sur la composition du sang, de l'autre, sur celle des tissus qui en dérivent.

Nous savons, en effet, que l'albumine et la fibrine du sang, les deux principes essentiels du plasma, ont une composition identique. Chacun d'eux, traité par la potasse, donne une matière homogène, transparente, jouissant de propriétés nouvelles, tout en conservant la composition des principes dont elle dérive. Cette matière, connue sous le nom de protéine, est associée à une certaine quantité de soufre et de phosphore. Or, comme les tissus dérivent du sang, il faut rechercher comment ces deux principes protéiques peuvent donner naissance aux solides organiques.

La protéine, dont la formule est représentée par 48 atomes de carbonne, 72 atomes d'hydrogène, 12 atomes d'azote, et 14 atomes d'oxygène, doit être considérée comme le point de départ de toutes les formations organiques, et pour qu'elle éprouve sa conversion en tissu musculaire, fibreux, cartilagineux, elle n'a besoin que de fixer de l'oxygène atmosphérique ou les éléments de l'eau. Ainsi, d'après les analyses dues à Mulder et à Scherer (1), le tissu cartilagineux, constitué par la chondrine, la corne, les poils et les autres productions épidermiques, tout en conservant la proportion de carbone et d'azote des substances protéiques, fixerait en plus quelques atomes d'hydrogène et d'oxygène. Les tissus gélatineux, comme ceux des tendons, des tuniques artérielles, fixeraient, toujours en conservant le chiffre de leur carbone, quelques atomes d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Ces changements de composition se trouvent indiqués par les nombres du tableau suivant, emprunté à M. Liebig.

(1) Liebig, *Chimie organique appliquée à la physiologie animale*, p. 124.

Les tissus animaux produits par suite des mutations des principes du sang, c'est-à-dire de la fibrine et de l'albumine, sont donc plus oxygénés que les principes

PRINCIPES IMMÉDIATS ET TISSUS.	CARBONE.	AZOTE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
Protéine	48	12	72	14
Albumine	48	12	72	14
Fibrine	48	12	72	14
Caséine	48	12	72	14
Tissus à base de chondrine	48	12	80	20
Poils, corne	48	12	76	16
Tissus gélatineux	48	15	82	18
Tissu fibreux jaune des artères	48	14	78	15

desquels ils dérivent. En se formant, ces tissus se sont emparés des éléments de l'eau, et certains d'entre eux ont fixé de l'azote et de l'hydrogène dans les proportions de l'ammoniaque. On peut donc se rendre compte du travail intime de la formation organique : 1° par la fixation de certains éléments en proportion définie sur les principes qui passent de l'état fluide ou de la forme sanguine à celle d'un tissu quelconque ; 2° par la soustraction d'éléments faisant partie constituante des principes qui se métamorphosent ; 3° enfin, par le dédoublement même de ces principes.

Les phénomènes si importants de la respiration ont évidemment pour but essentiel de faire parvenir dans le sang l'oxygène atmosphérique nécessaire à l'accomplissement de ces mutations diverses, et de débarrasser le fluide nutritif des divers produits résultant de l'action de l'oxygène sur les principes du sang et des tissus. En effet, l'oxygène absorbé par le sang, à son passage dans les capillaires du poumon, va se mettre en contact, dans le système capillaire général, avec les principes protéiques qui sortent du torrent circulatoire pour être bientôt assimilés à la propre substance du tissu où ils se déposent. Le gaz oxygène, en vertu de son affinité pour le carbone et l'hydrogène, contracte avec ces éléments du sang et des solides organiques des combinaisons variées. Par suite, la composition des principes immédiats du tissu change. La soustraction d'un certain nombre d'atomes à la somme de certains éléments fait prédominer ceux des éléments que l'oxygène a respectés. Dès lors, l'équilibre est rompu ; la composition moléculaire une fois modifiée, les principes prennent des propriétés nouvelles, et par ces mutations incessantes ils ne tardent pas à revêtir une forme incompatible avec leur vitalité normale ; ils donnent naissance à des produits dont le sang se débarrasse peu à peu par la voie des sécrétions dépuratives, notamment par celle des organes urinaires.

Quant à expliquer pourquoi les mêmes principes protéiques, les mêmes éléments du sang, se transforment en produits si variés par le travail de la nutrition, c'est une tâche fort difficile. D'abord il suffit que le groupement moléculaire d'un corps change pour que celui-ci revête une autre forme et prenne de nouvelles propriétés. La fibrine, en dissolution dans le sang, se prend très vite en filaments réticulés, une fois que ce fluide est sorti de ces vaisseaux, et peut-être sa solidification, dans

cette circonstance, est-elle un phénomène de même nature que celui de la solidification de la fibrine, qui s'organise dans les tissus, et cependant rien n'est changé dans la composition du principe immédiat ; l'arrangement moléculaire seul s'est modifié, et cet arrangement nouveau a donné à la fibrine des propriétés autres que celles qui lui appartenaient à l'état liquide. Certains produits, tout en conservant la même composition chimique, peuvent se convertir en d'autres produits ayant de nouveaux caractères et de nouvelles propriétés. Les chimistes citent, par exemple, l'acide cyanurique qui, dans un vase fermé, sans l'intervention d'aucun corps étranger, se transforme, soit en acide cyanique, soit en cyamélide, et réciproquement. De même l'aldéhyde, qui est un liquide inflammable ayant une grande affinité pour l'oxygène, ne tarde pas à se décomposer en deux autres produits, l'un solide, l'autre liquide, possédant chacun des propriétés spéciales et offrant néanmoins l'un et l'autre la composition chimique du principe dont ils dérivent.

Si déjà une simple modification dans l'état moléculaire d'un corps lui donne des propriétés nouvelles, une modification dans les proportions suivant lesquelles ses éléments sont associés doit donner des résultats plus remarquables encore. Un atome de soufre et deux atomes d'oxygène donnent de l'acide sulfureux ; un atome de soufre et trois atomes d'oxygène donnent de l'acide sulfurique. Or qu'y a-t-il de commun entre l'acide sulfureux gazéiforme et l'acide sulfurique liquide, et en quoi chacun de ces composés tient-il des propriétés des deux composants, le soufre et l'oxygène. Il est aussi impossible au chimiste d'expliquer comment un atome en plus d'oxygène produit avec le soufre de l'acide sulfurique au lieu de produire de l'acide sulfureux, qu'il l'est au physiologiste de concevoir comment les principes protéiques, en fixant un peu plus d'oxygène, d'hydrogène ou d'azote, donnent lieu tantôt à un tissu cartilagineux, tantôt à un tissu fibreux, à une matière cornée, etc.

La raison des différences d'état et de propriétés que présentent entre eux les dérivés d'un même principe paraît donc tenir au mode de groupement des molécules de ce produit et aux proportions diverses des éléments qui le composent. L'arrangement moléculaire et la proportion suivant laquelle les éléments se combinent, tiennent aux mille conditions diverses où se trouvent placés les éléments du sang par rapport à ceux des tissus. La fécule, sous l'influence de la salive, se transforme en sucre ; celui-ci, soumis à l'action d'un ferment, donne lieu à de l'alcool, mis en contact avec un acide, il se convertit en éther. Il est incontestable que dans ces phénomènes la force que Berzelius a appelée catalytique, joue un grand rôle. C'est elle qui donne, suivant les expressions du célèbre chimiste, à beaucoup de corps simples ou composés, la propriété de déterminer par le seul fait de leur présence, certains corps à s'unir ou à se combiner dans d'autres proportions. Enfin, l'oxydation à divers degrés des matériaux du sang destinés à donner naissance aux tissus devient pour le reste le plus puissant des agents de transformation.

Le rôle important que remplit l'oxygène, dans ce que Liebig a si heureusement appelé les métamorphoses des éléments du sang et des tissus, fait de la respiration un acte intimement lié au travail de la nutrition et des sécrétions ; il donne la clef des séries de combinaisons diverses des éléments des tissus, et jette une vive lumière sur les phénomènes, naguère si vagues, de la combustion du carbone et de l'hydrogène du sang. Il montre dans quel but s'opère cette combustion.

cartilages, le noyau de la cellule primaire se divise en deux noyaux qui s'écartent l'un de l'autre; une cloison sépare le contenu de cette cellule en deux compartiments ayant chacun à leur centre un de ces noyaux; puis, la même opération se répétant un grand nombre de fois, la cellule primitive, avant de disparaître, se trouve remplie d'un amas considérable de cellules développées à diverses époques successives.

Les cellules, ainsi constituées, jouissent de propriétés qui sont loin d'être les mêmes pour toutes. Elles ont entre elles ceci de commun, qu'elles se remplissent de matières extérieures qu'elles modifient et qu'elles peuvent ensuite rendre plus ou moins métamorphosées. Mais chaque espèce de cellules ne se laisse pas indifféremment pénétrer par tous les liquides et les autres matériaux du cytoblastème : les unes se remplissent de protéine, les autres de graisse, de pigment, de mucus, de corpuscules cristallins; celles des glandes admettent, ici la diastase salivaire, là la pepsine, ailleurs les éléments de la bile, du lait, de l'urine. Cette affinité élective de certaines d'entre elles pour certains éléments dépend plutôt de forces inconnues que de dispositions spéciales relatives à l'épaisseur, au degré de perméabilité des parois cellulaires; dans tous les cas, elle constitue l'une des particularités les plus mystérieuses de l'activité des cellules produites et entretenues aux dépens d'un fluide partout identique avec lui-même.

La substance des parois de la cellule et de son noyau peut éprouver quelque modification, et la cellule peut à son tour métamorphoser son contenu. Ainsi, la membrane cellulaire s'épaissit, se recouvre parfois d'une couche nouvelle, s'imprègne de particules terreuses dans les os, perd sa solubilité dans les productions cornées; le noyau lui-même change d'aspect et éprouve quelquefois des changements remarquables. Le contenu des cellules peut devenir plus fluide ou plus consistant; ce contenu, homogène d'abord, peut devenir granuleux, et réciproquement. Dans ce contenu apparaissent souvent des cellules, des cristaux, de la graisse, des pigments, de la sérosité. Ces changements, désignés par Schwann sous le nom de phénomènes métaboliques des cellules, ne sauraient s'expliquer d'une manière satisfaisante par la simple intervention des affinités chimiques.

Les cellules dont nous venons de parler, en conservant leurs caractères primitifs ou en se métamorphosant suivant un mode déterminé, donnent lieu à la formation de la plupart des tissus de l'organisme. Sans transformations, elles constituent les globules du sang, du chyle, de la lymphe, les vésicules adipeuses, l'épithélium des muqueuses, l'épiderme, une partie essentielle de la substance des glandes, la cornée, les productions pileuses. En s'allongeant ou en se divisant en un certain nombre de prolongements, elles forment le tissu cellulaire ou conjonctif, le tissu des muscles, du système nerveux, des membranes. Le mode suivant lequel s'opèrent ces métamorphoses n'est pas moins merveilleux que celui de leur formation primordiale. Grâce aux travaux de Schleiden, de Schwann, de MM. Müller, Kölliker, Virchow, Ch. Robin, etc., le physiologiste peut porter quelque lumière dans le mystérieux dédale de la nutrition.

Considéré d'une manière absolue, le travail nutritif est régi par deux grandes lois : celle de la forme, et celle de la composition. Par la première, chaque partie se développe avec une configuration particulière, invariable, dans des proportions limitées, et en conservant avec les autres des connexions définies. Par la seconde,

chaque partie se produit et s'entretient avec des matières de nature déterminée.

La forme que prend la matière qui s'organise, en passant de l'état fluide à l'état solide, ne paraît nullement dépendre de causes analogues à celles qui donnent lieu aux modes si variés d'agrégation et de cristallisation des substances minérales, elle porte, à la fois, et sur la partie prise dans son ensemble et sur ses éléments les plus petits. La forme globulaire, la plus simple de toutes, se dessine avant que les matériaux du sang se convertissent en tissus, car il se développe spontanément des globules dans le chyle, dans la lymphe et dans le plasma sanguin. La forme vésiculaire ou cellulaire est, pour ainsi dire, la forme typique de la matière qui s'organise aussi bien chez les plantes que chez les animaux. Elle appartient au tissu adipeux, aux épithéliums de la peau, des muqueuses, des membranes séreuses, et se retrouve dans les éléments de certains tissus, comme les cartilages, les os. La forme de fibre creuse ou pleine, dérivée de la précédente, est celle de la substance du cerveau, des nerfs, du tissu cellulaire, des tendons, etc. Toutes sont déterminées d'une manière précise et invariable pour chaque tissu. La fibre du nerf ne ressemble pas à celle du muscle, celle du tissu cellulaire à celle du tissu nerveux. De même, la cellule adipeuse diffère des cellules propres aux glandes, et dans les glandes, celle de chacune a des caractères particuliers. Les cellules épithéliales ont aussi des caractères diversifiés suivant la nature et la substance des membranes que l'épithélium tapisse. Les micrographes distinguent parfaitement celles qui constituent l'épithélium de la peau des autres cellules épithéliales des muqueuses et des séreuses. Les variations morphologiques vont même si loin que, dans un organe tel que l'estomac, une partie de la muqueuse a un épithélium qui diffère totalement de celui de l'autre partie.

La forme des organes, pris dans leur ensemble, n'est pas moins constante et moins bien déterminée que celle des parties primaires. Chaque muscle a sa configuration propre qu'il conserve toujours. Chaque os, chaque viscère, est dans le même cas, avec quelques variations sans importance. Les parties les moins vivantes, celles même qui dérivent plutôt d'un travail de sécrétion que de nutrition, ont une forme rigoureusement déterminée. Voyez, par exemple, la plume de l'oiseau. Son tuyau a sa courbure toujours disposée de la même manière, ses barbules inégales, ses couleurs si variées, mais d'une association si uniforme. Ne semble-t-il pas ue tout, dans cette production, soit exécuté d'après un modèle invariable, où chaque coup de pinceau a sa place marquée. Considérez les parties les moins importantes de l'économie, les écailles d'un poisson, la coquille d'un mollusque, le pélage d'un mammifère sauvage : la forme, l'étendue, les rapports, les teintes de chaque détail semblent souvent fixés comme s'il s'agissait des organes les plus essentiels à la vie.

Tout, dans l'organisme, est soumis à cette loi d'après laquelle chaque partie a sa forme déterminée par l'ensemble comme par les plus petits détails, son heure de développement, ses phases d'évolution. Rien n'est laissé indécis, abandonné en quelque sorte aux caprices des forces qui travaillent en mercenaires à la construction des machines vivantes. Il n'est pas jusqu'aux aberrations, connues sous le nom de monstruosités, qui n'aient aussi leur législation spéciale.

La loi de composition est dans le travail de la nutrition non moins évidente que

cartilages, le noyau de la cellule primaire se divise en deux noyaux qui s'écartent l'un de l'autre; une cloison sépare le contenu de cette cellule en deux compartiments ayant chacun à leur centre un de ces noyaux ; puis, la même opération se répétant un grand nombre de fois, la cellule primitive, avant de disparaître, se trouve remplie d'un amas considérable de cellules développées à diverses époques successives.

Les cellules, ainsi constituées, jouissent de propriétés qui sont loin d'être les mêmes pour toutes. Elles ont entre elles ceci de commun, qu'elles se remplissent de matières extérieures qu'elles modifient et qu'elles peuvent ensuite rendre plus ou moins métamorphosées. Mais chaque espèce de cellules ne se laisse pas indifféremment pénétrer par tous les liquides et les autres matériaux du cytoblastème : les unes se remplissent de protéine, les autres de graisse, de pigment, de mucus, de corpuscules cristallins; celles des glandes admettent, ici la diastase salivaire, là la pepsine, ailleurs les éléments de la bile, du lait, de l'urine. Cette affinité élective de certaines d'entre elles pour certains éléments dépend plutôt de forces inconnues que de dispositions spéciales relatives à l'épaisseur, au degré de perméabilité des parois cellulaires; dans tous les cas, elle constitue l'une des particularités les plus mystérieuses de l'activité des cellules produites et entretenues aux dépens d'un fluide partout identique avec lui-même.

La substance des parois de la cellule et de son noyau peut éprouver quelque modification, et la cellule peut à son tour métamorphoser son contenu. Ainsi, la membrane cellulaire s'épaissit, se recouvre parfois d'une couche nouvelle, s'imprègne de particules terreuses dans les os, perd sa solubilité dans les productions cornées; le noyau lui-même change d'aspect et éprouve quelquefois des changements remarquables. Le contenu des cellules peut devenir plus fluide ou plus consistant; ce contenu, homogène d'abord, peut devenir granuleux, et réciproquement. Dans ce contenu apparaissent souvent des cellules, des cristaux, de la graisse, des pigments, de la sérosité. Ces changements, désignés par Schwann sous le nom de phénomènes métaboliques des cellules, ne sauraient s'expliquer d'une manière satisfaisante par la simple intervention des affinités chimiques.

Les cellules dont nous venons de parler, en conservant leurs caractères primitifs ou en se métamorphosant suivant un mode déterminé, donnent lieu à la formation de la plupart des tissus de l'organisme. Sans transformations, elles constituent les globules du sang, du chyle, de la lymphe, les vésicules adipeuses, l'épithélium des muqueuses, l'épiderme, une partie essentielle de la substance des glandes, la cornée, les productions pileuses. En s'allongeant ou en se divisant en un certain nombre de prolongements, elles forment le tissu cellulaire ou conjonctif, le tissu des muscles, du système nerveux, des membranes. Le mode suivant lequel s'opèrent ces métamorphoses n'est pas moins merveilleux que celui de leur formation primordiale. Grâce aux travaux de Schleiden, de Schwann, de MM. Müller, Kölliker, Virchow, Ch. Robin, etc., le physiologiste peut porter quelque lumière dans le mystérieux dédale de la nutrition.

Considéré d'une manière absolue, le travail nutritif est régi par deux grandes lois : celle de la forme, et celle de la composition. Par la première, chaque partie se développe avec une configuration particulière, invariable, dans des proportions limitées, et en conservant avec les autres des connexions définies. Par la seconde,

chaque partie se produit et s'entretient avec des matières de nature déterminée.

La forme que prend la matière qui s'organise, en passant de l'état fluide à l'état solide, ne paraît nullement dépendre de causes analogues à celles qui donnent lieu aux modes si variés d'agrégation et de cristallisation des substances minérales, elle porte, à la fois, et sur la partie prise dans son ensemble et sur ses éléments les plus petits. La forme globulaire, la plus simple de toutes, se dessine avant que les matériaux du sang se convertissent en tissus, car il se développe spontanément des globules dans le chyle, dans la lymphe et dans le plasma sanguin. La forme vésiculaire ou cellulaire est, pour ainsi dire, la forme typique de la matière qui s'organise aussi bien chez les plantes que chez les animaux. Elle appartient au tissu adipeux, aux épithéliums de la peau, des muqueuses, des membranes séreuses, et se retrouve dans les éléments de certains tissus, comme les cartilages, les os. La forme de fibre creuse ou pleine, dérivée de la précédente, est celle de la substance du cerveau, des nerfs, du tissu cellulaire, des tendons, etc. Toutes sont déterminées d'une manière précise et invariable pour chaque tissu. La fibre du nerf ne ressemble pas à celle du muscle, celle du tissu cellulaire à celle du tissu nerveux. De même, la cellule adipeuse diffère des cellules propres aux glandes, et dans les glandes, celle de chacune a des caractères particuliers. Les cellules épithéliales ont aussi des caractères diversifiés suivant la nature et la substance des membranes que l'épithélium tapisse. Les micrographes distinguent parfaitement celles qui constituent l'épithélium de la peau des autres cellules épithéliales des muqueuses et des séreuses. Les variations morphologiques vont même si loin que, dans un organe tel que l'estomac, une partie de la muqueuse a un épithélium qui diffère totalement de celui de l'autre partie.

La forme des organes, pris dans leur ensemble, n'est pas moins constante et moins bien déterminée que celle des parties primaires. Chaque muscle a sa configuration propre qu'il conserve toujours. Chaque os, chaque viscère, est dans le même cas, avec quelques variations sans importance. Les parties les moins vivantes, celles même qui dérivent plutôt d'un travail de sécrétion que de nutrition, ont une forme rigoureusement déterminée. Voyez, par exemple, la plume de l'oiseau. Son tuyau a sa courbure toujours disposée de la même manière, ses barbules inégales, ses couleurs si variées, mais d'une association si uniforme. Ne semble-t-il pas ue tout, dans cette production, soit exécuté d'après un modèle invariable, où chaque coup de pinceau a sa place marquée. Considérez les parties les moins importantes de l'économie, les écailles d'un poisson, la coquille d'un mollusque, le pélage d'un mammifère sauvage : la forme, l'étendue, les rapports, les teintes de chaque détail semblent souvent fixés comme s'il s'agissait des organes les plus essentiels à la vie.

Tout, dans l'organisme, est soumis à cette loi d'après laquelle chaque partie a sa forme déterminée par l'ensemble comme par les plus petits détails, son heure de développement, ses phases d'évolution. Rien n'est laissé indécis, abandonné en quelque sorte aux caprices des forces qui travaillent en mercenaires à la construction des machines vivantes. Il n'est pas jusqu'aux aberrations, connues sous le nom de monstruosités, qui n'aient aussi leur législation spéciale.

La loi de composition est dans le travail de la nutrition non moins évidente que

la première. Chaque partie y est soumise, d'une manière rigoureuse et invariable. L'os, le muscle, la fibre nerveuse, le parenchyme de la glande, le tissu de la peau et des membranes, se forment toujours aux dépens des mêmes éléments. L'os, à sa première phase d'évolution, est muqueux ou cartilagineux, puis il devient osseux ; sa trame organique est toujours formée de la même substance, et cette trame s'imprègne toujours des mêmes sels ; le cartilage, le tendon, la fibre musculaire, la fibre nerveuse, se constituent toujours aux dépens des mêmes éléments. Jamais, à l'état normal, l'os ne se nourrit de la matière constitutive du muscle, le muscle de celle du nerf. De même, nous verrons plus tard chaque glande fabriquer un produit spécial, et nous ne verrons jamais l'une d'elles donner le produit qu'une autre est chargée de séparer.

Le rhythme du travail nutritif a des caractères spéciaux aux diverses phases de la vie fœtale et de la vie extra-utérine ; il en a d'autres qui appartiennent à chaque tissu, à chaque organe.

Pendant la vie embryonnaire, ce travail jouit d'une extrême activité, surtout dans les parties nécessaires au développement des autres et dans celles qui doivent entrer en fonction de très bonne heure, soit avant, soit seulement après la naissance. Mais il y a formation simple, assimilation prompte sans décomposition corrélative bien manifeste pour le plus grand nombre des organes. Néanmoins, le phénomène de la décomposition fait disparaître quelques parties transitoires à mesure qu'elles cessent d'être utiles, creuse peu à peu le canal médullaire des os longs, etc. Plus tard, après la naissance, le mouvement d'assimilation reste longtemps prépondérant et donne lieu à un accroissement rapide. On voit la résorption active seulement dans quelques organes ; elle fait peu à peu disparaître le thymus, amincit les parois des vaisseaux ombilicaux, creuse les sinus des os de la tête, agrandit le canal médullaire des os. A l'âge adulte, l'équilibre s'établit entre l'activité de la réparation et celle des déperditions, de telle sorte que l'organisme reste à peu près stationnaire. Enfin, sur le déclin de la vie, les phénomènes de la décomposition tendent à prédominer sur ceux de l'assimilation, et insensiblement l'amaigrissement général fait des progrès, le système musculaire s'atrophie.

L'activité de la nutrition, qui semble, jusqu'à un certain point, être en rapport avec le degré de vascularité des tissus, est beaucoup plus grande dans les muscles, le tissu adipeux, que dans les cartilages, les ligaments, les tendons, les os, le cerveau, la moelle épinière. Tout le monde sait avec quelle rapidité la graisse se dépose dans les tissus, avec quelle rapidité elle diminue et disparaît sous l'influence des maladies ou seulement de l'abstinence ; les muscles s'amaigrissent aussi à un haut degré dans les affections qui conduisent au marasme, tandis que dans les mêmes conditions, les os, les cartilages, les tendons, les centres nerveux, semblent toujours conserver le même volume.

Les lois qui président à la conversion des fluides en solides organiques, deviennent uniformes pour toutes les variétés du travail nutritif ; elles paraissent être pour l'accroissement, la reproduction et la régénération des parties, ce qu'elles sont pour leur formation et leur entretien.

L'accroissement des solides s'effectue aux dépens des parties fluides, que la circulation dissémine dans tous les points de l'économie. Ces fluides donnent nais-

ance à des cellules à l'intérieur desquelles se trouve un noyau qui n'est lui-même u'une cellule plus petite. L'agrégation de ces cellules, leur allongement, la for- ation de nouvelles cellules à l'intérieur et à l'extérieur de celles déjà développées, es métamorphoses qu'elles sont susceptibles d'éprouver, sont les moyens que la ature emploie pour accroître la masse des parties vivantes, de même que pour réer pendant la vie embryonnaire. Plus tard, nous étudierons avec plus de détails s belles observations qui ont été faites à cet égard.

La reproduction des tissus divisés ou détruits s'opère aussi aux dépens du fluide lastique, fibrino-albumineux, exhalé à la surface des solutions de continuité, et lle résulte d'un développement spontané de cellules, de fibres, de vaisseaux ana- ogues à celui de ces mêmes éléments dans l'embryon qui se forme, ou dans l'ani- al qui vit d'une existence propre. La régénération des parties détruites, celle es tentacules des gastéropodes, des pattes des crustacés, de la queue des sala- andres, met en évidence, comme tous les autres phénomènes nutritifs, l'unité u mode d'après lequel s'organise la matière vivante.

Dans tous les actes du travail nutritif, on voit donc intervenir deux ordres de orces : des forces vitales qui tracent le plan, assignent les limites, les formes, les apports, et tous les autres caractères des parties ; des forces chimiques qui opèrent arrangement moléculaire et les transformations des principes aux dépens desquels e constituent les tissus. Les premières déterminent l'ordre d'évolution de chaque artie, hâtent le développement des organes qui doivent fonctionner de bonne heure, rrêtent celui des parties dont le rôle transitoire ou momentané est accompli ; elles èglent l'évolution des dents, des productions cornées ou épidermiques, la mue ériodique, la chute des bois des ruminants, la disparition des cartilages épiphy- aires, et une foule d'autres particularités plus ou moins importantes. Les forces himiques font le reste ; elles exécutent leurs opérations dans un sens rigoureuse- ent déterminé par les premières ; tout se borne pour elles à remplir un rôle dont es moindres détails sont réglés à l'avance.

Le système nerveux exerce une influence incontestable sur les phénomènes de a nutrition, soit pendant la durée du développement des organes, soit lorsque les arties n'ont plus qu'à demeurer stationnaires.

C'est pendant la vie embryonnaire que l'intervention du système nerveux sur a nutrition est le plus obscure ; car le travail de formation s'établit en plusieurs oints, et fait des progrès rapides avant que les centres nerveux, avec leurs par- ies périphériques, soient eux-mêmes constitués. Ce travail suit ses phases régu- ières dans les circonstances où le cerveau et les autres parties de l'encéphale anquent plus ou moins complétement ; mais alors il reste l'influence de la moelle pinière, des nerfs qui en émanent, et celle du grand sympathique. Toutefois, omme dans ces conditions, le travail formateur marche parallèlement au sein d'un rand nombre de parties, dans la plupart des organes aussi bien que dans le système erveux lui-même, et comme, du reste, ce travail est déjà très avancé avant qu'il ait u être influencé par ce système, on doit admettre que, pendant la période de forma- ion, les actions nutritives ne dépendent pas intimement de l'intervention nerveuse.

Pendant la vie extra-utérine, cette influence devient plus manifeste et réellement lus profonde. Ainsi, lorsqu'il survient chez les enfants une hémiplégie, on voit

par la suite, et pendant toute la durée de la vie, s'établir et persister des différences notables entre le développement des parties droites et celui des parties gauches du corps. Le côté malade ne se développe pas au même degré que l'autre ; les muscles y acquièrent moins de volume et y demeurent flasques ; les os, du moins ceux qui comme les phalanges, peuvent être mesurés approximativement, semblent plus grêles ; la peau, de ce côté, est plus mince, plus délicate, et ses poils sont plus fins que du côté qui a acquis son développement normal. Ces différences persistent à l'âge adulte, comme j'en ai eu le triste exemple sous mes yeux.

Plusieurs faits montrent la réalité de cette influence. Dans les paralysies locales des nerfs, on voit souvent, pour peu que l'affection soit ancienne, les muscles dans lesquels ces nerfs se rendent mous, décolorés, moins volumineux qu'à l'état normal. L'altération est sensible aux muscles cervicaux chez les chevaux qui ont eu l'encolure infléchie latéralement, aux muscles du bras, de l'avant-bras, de la cuisse, lorsque quelques divisions des plexus brachiaux ou lombaires sont devenues le siége de lésions graves. La section des nerfs plantaires, pratiquée sur les chevaux affectés de la maladie naviculaire, dans le but de faire cesser la douleur et la claudication, détermine quelquefois, lorsqu'elle est complète des deux côtés, le décollement et la chute de l'ongle. Enfin, la résection des nerfs des membres donne lieu, comme on le sait, à une atrophie plus ou moins marquée, ralentit le travail de la cicatrisation des plaies, et leur donne de la tendance à la gangrène.

L'influence nerveuse sur la nutrition, quoique incontestable, ne paraît donc pas absolument nécessaire ; elle accélère ou affaiblit le travail nutritif, comme Müller le fait remarquer avec justesse ; mais sans elle, ce travail persiste et conserve une certaine activité.

Considérée dans son ensemble, la nutrition est influencée par plusieurs causes qui agissent d'une manière plus ou moins directe, à la longue, ou avec une certaine rapidité. Les plus remarquables tiennent au climat, au régime, à l'hérédité, à l'exercice, etc.

Ainsi, le climat exerce sur elle une action puissante, continue, qui donne aux animaux et à leurs diverses races des caractères très saillants, et cette action porte sur la taille, les formes, le développement proportionnel des parties, et notamment sur celles qui ont le moins d'importance. Sous les plus froides latitudes comme dans les régions équatoriales, les animaux domestiques conservent une petite taille ; ils n'acquièrent tout leur développement que dans les régions tempérées. Dans les pays chauds, le tissu cellulaire est peu abondant, le pelage clair, la peau de plusieurs espèces est nue. Dans les pays froids, les animaux ont une fourrure épaisse et fine : la chèvre a un duvet fin qu'elle perd dans les lieux tempérés ; l'éléphant antédiluvien avait dans les régions du Nord la peau couverte de poils, et il l'a complétement nue sous les latitudes où il vit actuellement. Les pays humides produisent des animaux massifs, leur donnent des formes empâtées, une constitution lymphatique, et rendent les productions pileuses abondantes et grossières.

Le régime, suivant qu'il est pauvre ou abondant, réduit ou développe la taille, ralentit ou accélère l'accroissement ; il allonge l'intestin, augmente la capacité des réservoirs digestifs et l'étendue de la muqueuse qui les tapisse, lorsque le carnassier reçoit les aliments de l'herbivore ; il donne une prédominance excessive au

système adipeux, si ce régime est très abondant ; il rend les animaux rachitiques, s'il ne leur fournit pas une quantité suffisante de matières minérales pour la nutrition des os. L'exercice développe le système musculaire, restreint la production de la graisse, enfin l'hérédité ou la transmissibilité, par la voie de la génération, des modifications imprimées à l'économie, influence profondément le travail nutritif. Par son secours et par celui des agents divers que l'homme peut utiliser, les lois de la nutrition sont modifiées d'une manière étonnante. On augmente considérablement la taille des races domestiques; on change les proportions du squelette. Au point de vue de la consommation, les parties qui sont sans utilité, comme la tête et les extrémités, se rapetissent; les masses musculaires prennent un volume énorme; la toison des bêtes ovines devient plus serrée et plus fine ; les cornes disparaissent ; l'évolution des dents a lieu avant le temps fixé par la nature ; la disparition des épiphyses est hâtée; en un mot, l'animal arrive plus promptement à l'âge adulte que s'il était resté dans les conditions ordinaires.

III. De la statique de la nutrition des fluides et des solides organiques.

Le travail de la nutrition comprend deux ordres de phénomènes parfaitement distincts: les uns par lesquels la matière étrangère se convertit en substance vivante pour faire partie du sang ou des tissus; les autres par lesquels la substance de ce sang ou de ces tissus cesse de vivre et est rejetée de l'économie ; en d'autres termes, il y a dans la nutrition un acte d'assimilation ou de composition, et un acte de désassimilation ou de décomposition.

Le travail d'assimilation, généralement le plus manifeste, semble même s'effectuer seul pendant la période de formation ; il conserve, pendant toute la durée de l'accroissement, une prééminence marquée sur l'autre, du moins dans la plupart des tissus. Il augmente alors, suivant une proportion rapide, la masse du sang, le volume du squelette, des muscles et des autres parties du corps, excepté celles dont le rôle transitoire est accompli, comme le thymus, les corps de Wolff, la veine et les artères ombilicales; mais, une fois que l'organisme est parvenu à son développement complet, ce phénomène d'assimilation perd sa prééminence à mesure que l'animal avance en âge; il finit par n'avoir plus assez d'activité pour réparer les pertes de l'économie.

Le travail de décomposition s'opère aussi d'une manière incessante et parallèlement au premier. Il est toujours extrêmement rapide dans les liquides : c'est par lui que sont enlevés au sang l'eau des sécrétions, la graisse qui brûle ou qui se dépose dans les tissus, l'albumine, la fibrine, que s'assimilent les muscles et les divers tissus, les éléments des produits de sécrétion. Ce travail enlève les couches intérieures des os et agrandit peu à peu le canal médullaire, creuse les sinus de la tête, use et déprime les racines des dents caduques, réduit peu à peu le volume du cal, fait disparaître les exostoses, creuse la surface des os soumis à la pression d'un anévrysme, résout les tumeurs anciennes, rapetisse les cicatrices. C'est cette décomposition qui, sous l'influence de l'alimentation insuffisante, de l'abstinence, de

la maladie, détermine l'amaigrissement et le marasme, résorbe la graisse déposée par tout le corps, atrophie le système musculaire et met bientôt la machine animale dans l'impossibilité de fonctionner.

Ces deux actes sont intimement liés l'un à l'autre; le second est même une conséquence nécessaire du premier. Les métamorphoses incessantes qu'éprouvent les principes constitutifs des liquides ou des tissus finissent bientôt par altérer tellement leur composition que ces principes perdent leurs propriétés normales et l'aptitude à continuer leur rôle. Ces tissus, ou plutôt ces principes constitutifs des tissus, auxquels l'oxygène a enlevé insensiblement du carbone et de l'hydrogène, ces principes enfin, qui eux-mêmes ont été oxydés à divers degrés; cessent peu à peu de réunir les conditions requises : ils sont convertis en urée; en acide urique, en acides cholique, choléique, puis séparés du sang par les reins, le foie, et; finalement, expulsés de l'organisme, dont ils ne peuvent plus faire partie. Par le fait de cette décomposition, les matières altérées et transformées sont isolées du reste pour être éliminées définitivement : elles constituent ce que les anciens physiologistes appelaient les matériaux usés, comme si la fibrine, l'albumine, la graisse, les sels, étaient susceptibles, en servant pendant un certain temps à la formation d'un organe, d'éprouver une usure réelle.

Dans les conditions normales, chez l'animal adulte qui conserve sensiblement le même poids, la nutrition est stationnaire. Les aliments et les liquides ingérés dans l'organisme remplacent exactement ce qui est éliminé par les déjections, les sécrétions diverses, la transpiration cutanée, l'exhalation pulmonaire; aussi, il doit se retrouver dans la somme de ces produits chassés de l'économie une quantité de carbone, d'oxygène, d'hydrogène, d'azote, de soufre, de phosphore, de sodium, de potassium, de fer, etc., précisément égale à la quantité de ces mêmes corps introduits par les aliments et les boissons. Les belles recherches analytiques de M. Boussingault donnent de cette loi une démonstration péremptoire. Le savant expérimentateur opérait sur des animaux adultes, entretenus par un régime uniforme et dont l'état stationnaire avait été préalablement constaté par des pesées faites pendant un mois. Ces animaux étaient enfermés dans des stalles dont le sol, convenablement disposé, permettait de recueillir sans perte les fèces et les urines; les aliments et les liquides consommés étaient pesés et analysés, et, d'un autre côté, les excréments, l'urine, le lait, étaient soumis aux mêmes épreuves. La différence entre la somme des produits ingérés et la somme des produits recueillis exprimait celle des produits de la transpiration cutanée, pulmonaire, et de la combustion respiratoire. Les quatre tableaux suivants donnent pour le cheval, la vache, le mouton et le porc, les résultats de ces intéressantes recherches (1).

D'après les expériences reproduites dans ces tableaux, on voit : 1° que les déjections renferment, pour le cheval et la vache, de 23 à 27 grammes d'azote de moins que les aliments; 2° qu'il manque à ces déjections 2 465 grammes de carbone pour le cheval, 2 211 pour la vache, 153 pour le mouton, 677 pour le porc, somme brûlée par la respiration. Seulement, le porc, n'étant pas adulte et augmentant

(1) Boussingault, *Économie rurale considérée dans ses rapports avec la chimie, la physique et la météorologie*, 2e édit., t. II, p. 380.

cet âge et avec ce régime de 120 grammes par jour; a employé pour son accroissement une partie du carbone qui manque aux produits rendus.

Dans cet état d'équilibre parfait entre les acquisitions et les pertes que fait l'organisme; la somme de principes perdus par le sang, les muscles, les os, est rem-

	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE DANS LES ALIMENTS. Carbone.	Hydrogène.	Oxygène	Azote.	Sels et terres.
ALIMENTS CONSOMMÉS PAR LE CHEVAL EN 24 HEURES.							
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Eau	16000	»	»	»	»	»	13
Foin	7300	6463	2961	323	2502	97	582
Avoine	2 270	1927	977	123	707	42	77
Somme	25770	8392	3938	446	3209	139	672
PRODUITS RENDUS PAR LE CHEVAL EN 24 HEURES.							
Urine	1330	302	109	11	34	38	110
Excréments	14250	3523	1364	180	1329	78	575
Somme	15580	3827	1473	191	1363	116	685
Somme de la matière des aliments	25770	8392	3938	446	3209	139	672
Différence	10190	4565	2465	255	1846	23	13
Sens de la différence	—	—	—	—	—	—	—

EAU REÇUE PAR LE CHEVAL EN 24 HEURES.	kil.	EAU RENDUE PAR LE CHEVAL EN 24 HEURES.	kil.
Avec le foin	1,035	Avec l'urine	1,028
Avec l'avoine	0,448		
Bue directement	16,000	Avec les excréments	10,725
Eau entrée	17,483	Eau sortie	11,753
		Eau entrée	17,483
		Eau sortie par la transpiration pulmonaire et cutanée	5,730

placée par une somme égale des mêmes principes, extraits des aliments et des boissons par le travail de la digestion. L'albumine, la fibrine, la caséine des aliments remplacent l'albumine, la fibrine qui ont été enlevées aux tissus; la graisse de ces aliments remplace celle que le tissu adipeux a fournie à la combustion; le sucre, les gommes, la fécule, renouvellent la masse des matières brûlées pour la production de la chaleur animale; enfin l'eau et les sels des substances ingérées se substituent à l'eau et aux sels perdus par la sécrétion urinaire, la transpiration cutanée, pulmonaire, les exhalations intestinales. Les matières minérales jouent, dans le travail de la nutrition, un rôle très important, surtout en ce qui concerne les jeunes animaux, chez lesquels l'accroissement en général; et particulièrement l'ossifica-

tion, jouissent d'une grande activité. Il en est de même à l'égard des femelles adultes pendant la gestation et tant que dure la sécrétion du lait. Sans une dose suffisante de ces matières, la mère ne peut subvenir aux besoins de la nutrition du fœtus et à ceux de la lactation; sans elle, l'ossification chez les jeunes animaux ne suit pas sa

	POIDS à l'état humide.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE DANS LES ALIMENTS. Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Sels et terres.
ALIMENTS CONSOMMÉS PAR UNE VACHE EN 24 HEURES.							
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Pommes de terre	15000	4170	1839	242	1831	50	208
Regain de foin	7500	6315	2974	354	2204	152	632
Eau	60000	»	»	»	»	»	50
Somme	82500	10485	4813	596	4035	202	890
PRODUITS RENDUS PAR LA VACHE EN 24 HEURES.							
Excréments	28413	4000	1712	208	1508	92	480
Urine	8200	961	261	23	254	37	384
Lait	8539	1151	628	99	321	46	55
Somme	45152	6111	2602	332	2083	175	920
Somme de la matière des aliments	82500	10485	4813	596	4035	202	890
Différence	37348	4374	2211	264	1952	27	30
Sens de la différence	—	—	—	—	—	—	—

EAU REÇUE PAR LA VACHE EN 24 HEURES.	kil.	EAU RENDUE PAR LA VACHE EN 24 HEURES.	kil.
Avec les pommes de terre	10,830	Avec les excréments	24,413
Avec le regain	1,185	Avec l'urine	7,239
Bue directement	60,000	Avec le lait	7,388
Eau entrée	72,015	Eau sortie	39,040
		Eau entrée	72,015
		Eau sortie par la transpiration pulmonaire et cutanée	32,975

marche régulière; il y a tendance manifeste au rachitisme. Cette insuffisance de matières minérales amène aussi, à la longue, des altérations des os et détermine des troubles graves chez les animaux adultes, comme l'ont montré les recherches dont j'ai parlé à l'article *du Régime*. On peut, par le cinquième tableau, apprécier la quantité considérable de matières minérales empruntées, dans certaines conditions, aux aliments par l'organisme.

L'équilibre établi, à l'âge adulte, entre la masse de matière que s'assimile l'organisme et celle qu'il perd, n'est possible que dans des conditions de régime parfaitement réglées et en harmonie avec le rhythme du travail nutritif. Il n'a pas lieu, ni pendant la période de la vie employée à l'accroissement, ni pendant celle de la dété-

oration de l'économie ; il est rompu toutes les fois qu'il y a engraissement ou maigrissement, le premier sous l'influence d'une alimentation abondante, le second par le fait de l'alimentation insuffisante, de l'abstinence, du travail excessif, de la maladie ou d'autres causes analogues. Il importe d'examiner les modifications

	POIDS à l'état normal.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE DANS LES ALIMENTS. Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Sels et terres.
ALIMENTS CONSOMMÉS PAR LE MOUTON EN 24 HEURES.							
Eau bue	gr. 1276,0	gr. »	gr. »	gr. »	gr. »	gr. »	gr. 51,6
Foin	887,2	767,3	355,3	39,1	303,9	14,5	54,5
PRODUITS RENDUS PAR LE MOUTON EN 24 HEURES.							
Excréments	971,7	412,0	181,3	21,8	146,7	7,0	55,2
Urine	476,7	64,2	20,4	2,5	13,1	6,2	22,0
Somme des produits	»	476,2	201,7	24,3	159,8	13,2	77,2
Dans les aliments	»	767,3	355,3	39,1	303,9	14,5	56,1
Différences	»	»	−153,6	−14,8	−144,1	−1,3	+21,1

	POIDS à l'état normal.	POIDS à l'état sec.	MATIÈRE ÉLÉMENTAIRE DANS LES ALIMENTS. Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Sels et terres.
ALIMENTS CONSOMMÉS EN 24 HEURES PAR UN PORC AGÉ DE NEUF MOIS, PESANT 60 KIL.							
Pomme de terre	gr. 7000	gr. 1687	gr. 742,3	gr. 97,8	gr. 754,1	gr. 23,3	gr. 67,5
DÉJECTIONS RENDUES PAR LE PORC EN 24 HEURES.							
Excréments	1300	208	57,4	8,1	48,9	9,2	84,4
Urine	3050	63	7,6	1,0	16,3	6,9	6,2
Principes rendus	4350	271	65,0	9,1	65,2	16,1	90,6
Principes reçus	7000	1687	742,3	97,8	754,1	25,3	67,5
Différence	»	»	677,3	88,7	688,9	9,2	23,1

qu'éprouve la nutrition, d'une part, lorsque l'organisme s'assimile plus de matière qu'il n'en perd, et, d'autre part, lorsqu'il en perd plus qu'il n'en reçoit.

Depuis le moment de la naissance jusqu'à celui de son complet développement, l'animal fixe plus de matière qu'il n'en laisse échapper, et cet excès des substances qui entrent sur celles qui sortent, en s'ajoutant à la masse initiale, donne lieu à un accroissement plus ou moins rapide. Cet accroissement possède le maximum d'acti-

vité dans les premiers temps de la vie, et en particulier pendant la période de l'allaitement; il devient de moins en moins rapide à mesure qu'on s'approche de l'âge adulte. Les observations faites par divers agronomes, en ce qui concerne les principales espèces domestiques, donnent à ce sujet des indications intéressantes.

Des poulains pesant, en moyenne, à la naissance, 51 kilogrammes augmentent,

Silice, Acide phosphorique, Chaux des aliments d'une vache pleine, âgée de quatre ans, pesant 600 kil.

ALIMENTS.		Substances minérales contenues.	Silice.	Acide phosphorique.	Chaux.
	kil.	kil.	gr.	gr.	gr
Betteraves	108	832	66,6	49,9	58,2
Paille....	18	1260	651,4	42,9	107,0
Foin.....	30	1936	373,6	107,6	242,5
Somme...	...	....	1091,6	200,4	407,7

Silice, Acide phosphorique, Chaux des produits rendus par cette vache.

PRODUITS.		Substances minérales contenues.	Silice.	Acide phosphorique.	Chaux.
	kil.	gr	gr	gr.	gr
Excrém. secs.	13,80	1711	1112,1	102,0	184,8
Lait.....	24,72	123	»	34,4	29,5
Urine (extr.).	4,60	1932	»	»	19,3
Sortis.....	.....	....	1112,1	136.4	233.6
Entrés.....	.....	....	1091,6	200 4	407,7
Différence pour 1 jours.	.....	....	+20,5	−64,0	−174.1
Différence par jour....	.....	....	+5,1	—16,0	—43,5

d'après les expériences de M. Boussingault, pendant un allaitement, en trois mois; dans le rapport de 100 à 278, et par conséquent, par jour et par tête, de $1^{kil},04$. Depuis le sevrage jusqu'à l'âge de six mois, l'accroissement n'est plus que de $0^{kil},6$; il est de $0^{kil},5$ vers la troisième année, et, plus tard, il descend à peu près à $0^{kil},3$. Ces résultats sont exprimés dans le tableau suivant avec leurs divers éléments :

	1re POULICHE.	2e POULICHE.	3e POULICHE.
Date de la naissance.....	23 mai 1842.	12 juin 1842.	12 juin 1842.
Poids lors de la naissance.....	50 kil.	$51^{kil},50$	$51^{kil},50$
Époque du sevrage.....	20 août 1842.	7 sept. 1842.	7 sept. 1842.
Poids lors du sevrage.....	134 kil.	130 kil.	161 kil.
Jours d'allaitement.....	87 jours.	87 jours.	87 jours.
Accr. total pendant l'allaitement	84 kil.	$78^{kil},05$	$109^{kil},05$
Accroissement par jour.....	$0^{kil},97$	$0^{kil},90$	$1^{kil},26$
Poids du 11 novemb. 1842....	180 kil.	163 kil.	195 kil.
Age lors de la pesée précédente.	5 mois 18 jours.	5 mois.	5 mois.
Gain pendant cette 1re période..	46 kil.	33 kil.	34 kil.
Gain par jour.....	$0^{kil},57$	$0^{kil},53$	$0^{kil},55$
Pesée du 22 mai 1843.....	410 kil.	395 kil.	438 kil.
Pesée du 24 septembre 1843...	460 kil.	449 kil.	497 kil.
Pesée du 13 avril 1843.....	483 kil.	465 kil.	520 kil.
1er juillet 1843.....	470 kil.	500 kil.	548 kil.
Age lors de la pesée précédente.	3 ans 32 jours.	3 ans 15 jours.	3 ans 15 jours.
Gain total depuis le sevrage....	336 kil.	370 kil.	387 kil.
Gain par jour.....	$0^{kil},32$	$0^{kil},36$	$0^{kil},38$

L'accroissement des grands ruminants suit sensiblement la même progression que celui des solipèdes. Les expériences de MM. Boussingault et Perrault montrent qu'il jouit, pendant la durée de l'allaitement, de son maximum d'activité; et qu'à partir de cette époque il se ralentit d'autant plus qu'on se rapproche davantage de l'âge adulte. Pendant l'allaitement, les veaux, qui consomment, terme moyen, de 8 à 10 litres de lait, augmentent par jour de $1^{kil},13$; depuis le sevrage jusqu'à trois ans, de $0^{kil},72$, et, depuis trois ans jusqu'à l'âge adulte, de $0^{kil},10$.

NUMÉROS des veaux.	Poids du veau à sa naissance	Poids à 8 jours d'âge.	Augmentation de poids en 7 jours.	Augmentation par jour.	Poids du veau à 18 jours	Augmentation de poids pendant les 10 jours.	Augmentation par jour.	Augmentation en 17 jours.	Augment. par jour déduite de l'accroissement total.
	kilog.	kilog.	kilog	kilog	kilog.	kilog.	kilog	kilog.	kilog.
	32	41,25	9,25	1,16	52,75	11,50	1,28.	20,75	1,22
	38	49,75	11,75	1,47	57,25	7,50	0,83	19,25	1,13
	36,75	49,00	12,25	1,53	58,25	11,25	1,25	21,50	1,23
Nombre moyen	35,58	46,67	11,08	1,39	56,08	10,08	1,12	20,50	1,20

Dans le tableau suivant se trouvent les observations faites par le savant chimiste sur l'accroissement d'une génisse à partir de l'âge de six mois.

DATES DES PESÉES.	POIDS.	GAIN entre les pesées.	TEMPS écoulé.	AUGMENTATION en 24 heures.	AGE de la génisse lors des pesées.			REMARQUES.
					ans.	mois	jours.	
	kil.	kil.	jours.	kil.				
5 septembre 1841.	168,1	1,9	3	0,63	»	6	25	Nourrie au foin et racines.
9 septembre 1841.	170,0	9.0	14	0,64	»	6	28	
24 septembre 1841.	179,0	16.0	41	0,39	»	7	12	
3 novembre 1841.	195,0	18,4	25	0.74	»	8	22	
23 novembre 1841.	213,4	36,6	62	0,59	»	9	17	
29 janvier 1842...	250,0	58,0	82	0.71	»	11	17	
21 avril.....	308 0	94,0	79	1 19	1	2	10	A été mise au trèfle vert à discrétion.
9 juillet.....	402,0	30,0	23	1,19	1	4	28	
3 août.....	432,0	»	»	»	1	5	22	

En ce qui concerne le porc, l'accroissement a été assez exactement calculé sur plusieurs animaux pris au moment de la naissance et suivis jusqu'à l'âge adulte. De jeunes animaux de cette espèce, pesant en moyenne, à la naissance, $1^{kil},25$, ont augmenté, pendant l'allaitement et par jour, de $0^{kil},24$, et de $0^{kil},25$ vers la fin de cette période. L'accroissement a atteint son activité maximum du cent cinquan-

tième au deux centième jour ; il n'a été que de 0kil,15 à 0kil,18 du treizième mois jusque vers la fin de la troisième année, comme le montrent les deux tableaux suivants, donnés, le premier, par M. Boussingault, et le second, par M. Parent :

Nombre des gorets.	Poids de la portée.	Poids par tête.	TOTAL. Poids des gorets après 36 jours d'allaitement.	Poids par tête.	Gain par tête.	Gain par jour.	OBSERVATIONS.
	kilog.	kilog.	kilog	kilog	kilog.	kilog.	
5	6,25	1,25	39,50	7,90	6,65	0,18	Race du pays.
10	12,25	1,23	115,50	11,55	10,32	0,29	Croisée avec le Hampshire.
2	1,50	0,75	12,75	6,37	5,62	0,16	Race du Hamsphire.
7	7,88	1,13	71,00	10,14	9,01	0,25	Race croisée.
2	2,00	1,00	23,00	11,50	10,50	0,29	id.
7	9,00	1,29	75,5	10,79	9,50	0,26	id.
7	10,05	1,43	»	»	»	»	id.
5	5,25	1,05	»	»	»	»	id.
8	8,80	1,10	52,00	6,50	5,40	0,15	Race du pays.
3	3,60	1,20	21,50	7,17	5,97	0,17	id.
	Moyenne.	1,14		9,71	8,57	0,24	

AGE.	RACE DU POITOU		RACE ANGLAISE		MÉTIS.		RATIONS ÉQUIVALENTES PAR JOUR.		
	Poids moyen.	Augment. diurne.	Poids moyen.	Augment. diurne.	Poids moyen.	Augment. par jour.	Seigle.	Son.	Pommes de terre.
jours.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog	kilog	kilog	kilog.	kilog.	kilog.
1	1,30	0,305	1,20	0,188	1,25	0.222			
20	7,40	0,202	4,96	0,235	5,70	0,235			
50	16,15	0,329	12,00	0,310	12,75	0,355	1,00	2,08	4,80
100	32,60	0 384	27,53	0,389	30,50	0.386	1,13	2,35	5,43
150	49,00	0,492	47,00	0,650	49,80	0,584	1,74	3,62	8,36
200	71,10	0,174	80,50	0,247	78,00	0.288	1,90	3,95	9,13
250	79,80	0,174	92,85	0,248	89,40	0,210	2,10	4,37	10,09
300	88,50	0,192	105,25	0.247	99,90	0,198	2,30	4,78	10,65
400	108,75	0,142	130,00	0,155	119.70	0,196			
500	123,00	0,155	145,70	0,156	139,30	0,168			
600	138,50	0,075	161,30	0,175	156,10				
700	146,00	0,026	176,85	0,146					
800	148,60	0,013	191,50	0,180					
900	149,90	0,015	209,50						
1000	150,40								

L'accroissement, pour s'effectuer suivant le mode que l'observation a fait découvrir, exige une alimentation qui renferme en quantité suffisante les éléments nécessaires à l'augmentation de poids simultanée de toutes les parties de l'organisme. Or, les auteurs dont je rapporte ici les travaux ont constaté qu'il faut à un

eau, dont l'accroissement diurne est de $0^{kil},96$, $7^{lit},17$ de lait, et qu'il faut également à un porc qui augmente par jour de $0^{kil},24$ une quantité proportionnelle de ce liquide, c'est-à-dire $1^{lit},7$. Le cheval, le bœuf, la vache, consomment en général, pendant l'accroissement, $3^{kil},08$ de foin pour 100 kilogrammes de poids vivant; mais il y a à cet égard quelques variations dépendantes de l'âge des animaux, du travail et des produits que l'on veut en retirer. M. Boussingault, après avoir rassemblé les données de plusieurs expérimentateurs, trouve que 100 kilogrammes de poids vivant de bétail exigent, par tête et par jour, $3^{kil},08$ de foin pour les animaux en pleine croissance, $3^{kil},15$ pour de jeunes taureaux, de $2^{kil},73$ à $3^{kil},12$ pour des vaches laitières, 2 kilogrammes pour des bœufs d'attelage, et seulement $0^{kil},75$ pour le simple entretien des animaux qu'on ne fait pas travailler et qui ne donnent pas de lait. On a trouvé aussi que 100 kilogrammes de foin donnaient lieu à une augmentation de $7^{kil},34$ pour les poulains, de $6^{kil},50$ pour les veaux de quarante jours à deux ans. De même on a constaté qu'il fallait en moyenne, pour produire 50 kilogrammes de porc, 208 kilogrammes de seigle, ou 240 kilogrammes d'orge, ou 1 000 kilogrammes de pommes de terre.

Il est de toute évidence que la somme, ou de lait, ou de foin, ou de céréales, ou de pommes de terre, nécessaire pour produire une augmentation déterminée de chair doit renfermer : 1° la somme de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et de matières minérales qui entre dans la constitution de cette quantité de chair produite; 2° les autres éléments appelés à remplacer ceux que les déjections et les sécrétions diverses expulsent de l'économie. C'est encore ce que les analyses établissent d'une manière incontestable.

L'engraissement qui constitue le second résultat de la prééminence du travail d'assimilation sur celui de la décomposition, va se montrer avec des caractères essentiellement différents de ceux qui appartiennent à l'accroissement. Dans celui-ci, il y a augmentation de poids ou de masse pour toutes les parties de l'économie : le squelette, le système musculaire, la peau, les viscères, etc. Dans celui-là, le système adipeux se développe suivant des proportions considérables, sans que les autres parties de l'économie, ou du moins la plupart d'entre elles, éprouvent une augmentation proportionnelle. Mais ces deux états sont compatibles l'un avec l'autre; l'accroissement et l'engraissement peuvent marcher de front depuis le moment de la naissance jusqu'à l'âge adulte.

L'engraissement dérive de deux conditions essentielles : la première, que l'alimentation fournira, outre les matériaux nécessaires à la réparation des pertes incessantes de l'économie, les éléments de la graisse; la seconde, que la force d'assimilation de l'organisme pourra convertir en substance vivante une quantité de matière supérieure à celle qui est éliminée. Aussi, cet état de la nutrition exige-t-il, d'une part, qu'une ration supplémentaire ou de production soit ajoutée à celle que réclame l'entretien de l'organisme; d'autre part, que les déperditions résultant du travail, de la lactation, etc., soient suffisamment réduites, afin de rendre d'autant plus prédominantes les acquisitions faites au profit de cet organisme.

Les aliments que doit consommer l'animal pour arriver à un certain degré d'embonpoint doivent renfermer non-seulement le carbone, l'hydrogène et l'azote, qui sont rendus sous forme d'acide carbonique, d'eau et d'urée, mais encore, soit la

graisse en nature, soit les principes dont cette substance peut dériver par le fait de métamorphoses spéciales.

Or, l'organisme trouve souvent dans les aliments une certaine quantité de matières grasses. Le foin des graminées, des légumineuses, l'avoine, le maïs, les tourteaux des plantes oléagineuses en renferment des proportions plus ou moins considérables. Ces matières grasses sont modifiées dans l'intestin sous le rapport de leur constitution et absorbées par les chylifères qui les portent dans le sang. De là, elles peuvent être déposées dans les tissus, employées à la formation du lait et à la combustion respiratoire.

Mais ces matières grasses n'existent pas toujours en quantité suffisante dans les aliments ; elles ne se trouvent qu'en proportions minimes dans le blé, le seigle, le riz, la pomme de terre, beaucoup de fruits et diverses racines, et cette faible quantité, fût-elle entièrement absorbée, ne représenterait pas la graisse qui est éliminée par la lactation, la sécrétion biliaire. Il faut donc que, chez les animaux qui s'engraissent ou qui donnent du lait sous l'influence d'un régime pauvre en matières grasses, la graisse soit formée dans l'économie aux dépens des autres matériaux alimentaires. Les observations de divers naturalistes ont appris que les abeilles nourries exclusivement avec du sucre produisent de la cire. Celles de M. Boussingault ont montré que les animaux entretenus avec des aliments ou féculents, ou azotés, mais pauvres en principes gras, fixaient dans leurs tissus une quantité de graisse bien supérieure à celle que les aliments cédaient au travail digestif. Or, on est naturellement conduit à admettre que la graisse s'est formée dans l'organisme par la transformation des autres principes alimentaires. M. Liebig pense que la fécule, le sucre, la gomme, en perdant une partie de leur oxygène, se métamorphosent en matières grasses, de la même manière que dans la sève des plantes oléagineuses, la graisse se substitue au sucre vers le moment où les graines arrivent à la maturité, et cette opinion paraît d'autant plus vraisemblable, que le sucre, dans certaines fermentations, donne naissance à des acides gras. M. Boussingault prétend, en outre, que les matières azotées, l'albumine, la caséine, concourent au même titre à la formation de la graisse, car l'albumine, dans certaines conditions, donne naissance à un principe très analogue, sinon identique, à l'acide butyrique, et l'on sait, du reste, que les aliments azotés, quoique associés à très peu de graisse, conduisent cependant les animaux à un degré considérable d'embonpoint.

Si l'on réfléchit à l'ensemble des circonstances qui favorisent l'engraissement, comme une nourriture abondante et très substantielle, le repos, l'obscurité, etc., on s'explique, d'une manière satisfaisante, les modifications par lesquelles le travail nutritif donnera lieu à l'engraissement. D'une part, les produits que l'absorption fait entrer dans l'économie sont plus que suffisants pour compenser les pertes ; la respiration, peu active, consomme une petite quantité de ces produits non azotés, dont l'excédant peut se convertir en graisse ; la respiration trouvant ses combustibles dans les principes non azotés, respecte les principes azotés, qui peuvent être ainsi intégralement employés à la nutrition ou au développement du système musculaire et des autres tissus. De cette manière, l'accroissement peut marcher de pair avec l'engraissement, et lorsque le premier est achevé, les substances protéiques elles-mêmes peuvent encore, aussi bien que les autres, concourir à la formation de la graisse.

Les observations faites sur l'engraissement des animaux établissent qu'il y a un certain rapport entre la quantité d'aliments consommés et la quantité de graisse produite. Seulement, comme elles ont souvent trait à des sujets dont la croissance n'est pas achevée, l'augmentation de poids porte à la fois sur les tissus adipeux et sur les autres parties de l'économie qui se développent simultanément, suivant des proportions inégales. En ce qui concerne l'espèce bovine, un agriculteur anglais a trouvé que des bœufs de deux ans mis à l'engrais et entretenus avec des aliments variés, augmentaient par jour de $0^{kil},43$ à $0^{kil},94$, et en cent dix neuf jours, de 51 à 112 kilogrammes. Pour ces animaux, 100 kilogrammes de foin ou leur équivalent donnaient une augmentation de poids vivant de $4^{kil},4$ à 6 kilogrammes. L'augmentation de poids a été de 14 à 22 kilogrammes pour 100 du poids initial des ruminants soumis au régime de l'engraissement.

Le porc, qui possède une très grande aptitude à l'engraissement, se charge d'une quantité de graisse supérieure à celle qu'il trouve dans son alimentation. D'après les recherches de M. Boussingault, un jeune porc du poids de 650 grammes au moment de la naissance, et recevant dans l'espace de huit mois $6^{kil},740$ de graisse avec ses aliments, en donne $15^{kil},480$ après cette période ; par conséquent, $8^{kil},740$ de plus qu'il n'en a reçu. Cet excédant a dû nécessairement provenir des autres principes de l'alimentation. Neuf porcs ont donné, au bout de quatre-vingt-dix-huit jours, un excédant de 43 kilogrammes de graisse sur la quantité de cette substance prise avec les aliments consommés. Le porc, parvenu à un état d'embonpoint avancé, donne, en moyenne, de 30 à 35 pour 100 de graisse.

L'engraissement des autres animaux domestiques, de même que celui du porc, démontre, avec la dernière évidence, que toute la graisse qui s'accumule dans le tissu adipeux ne provient pas de celle des aliments. M. Persoz et M. Boussingault, par des expériences faites sur les oies et sur les canards, ont constaté que ces palmipèdes, dans un espace assez court, fixaient une quantité de graisse à peu près double de celle qui était offerte par les aliments. M. Boussingault a pris onze oies du même âge, et d'un poids sensiblement le même. Cinq d'entre elles ont été tuées pour servir au dosage de la graisse ; les six autres, pesant ensemble $20^{kil},09$, ont cependant trente et un jours soumises au régime du maïs, dont elles ont consommé ensemble $71^{kil},89$ contenant $5^{kil},032$ de graisse. Au bout de ce temps, les six oies ont éprouvé une augmentation totale de poids de $11^{kil},02$. D'après la composition des oies maigres prises pour terme de comparaison, les six autres, qui devaient avoir $1^{kil},752$ de graisse initiale, en ont acquis pendant l'expérience $8^{kil},264$, c'est-à-dire $3^{kil},190$ de plus qu'il n'en existait dans les aliments. Chaque oie a trouvé 17 grammes d'huile dans son maïs ; elle en a rejeté 3 avec les excréments ; mais comme elle en a acquis par jour 41 grammes, elle a dû nécessairement en former 7 aux dépens des autres principes alimentaires. L'excédant de poids indépendant de la graisse, et acquis par les oies, tenait à l'accroissement du système musculaire.

Il est donc incontestable, d'après toutes les données acquises sur l'engraissement, que l'organisme s'assimile, outre la graisse contenue dans les aliments, une quantité notable de graisse formée aux dépens des matières sucrées, féculentes, ou des principes azotés. Conséquemment, la formation de la graisse est un phé-

nomène commun aux plantes et aux animaux, et non pas un phénomène propre aux premières, comme certains auteurs l'avaient prétendu.

Maintenant que nous avons vu les résultats de la prédominance du travail d'assimilation sur celui de décomposition, il faut examiner ceux qui caractérisent l'état inverse de la nutrition, c'est-à-dire la prédominance du travail de destruction sur celui de l'assimilation ; deuxième état qui dérive de l'abstinence prolongée, d'une alimentation insuffisante, de déperditions excessives, de diverses maladies, d'une extrême vieillesse, etc.

Si les pertes éprouvées par la combustion respiratoire, la transpiration et les excrétions diverses, ne sont pas réparées aux dépens des matières alimentaires, ou si elles ne le sont qu'en partie, l'organisme se détruit peu à peu, le corps diminue progressivement de poids jusqu'au moment où l'état des organes devient incompatible avec l'entretien de la vie. Alors la masse du sang diminue, la graisse accumulée dans les tissus disparaît peu à peu, le système musculaire s'atrophie, et la masse de la plupart des organes éprouve une réduction plus ou moins considérable. L'abstinence à laquelle on soumet les animaux permet de suivre dans toutes ses phases cette altération du travail nutritif.

Un cheval en bon état, soumis à une abstinence complète d'aliments et de boissons, et pesant après vingt-quatre heures de jeûne 508 kilogrammes, perdit 17 kilogrammes le premier jour, 16 le deuxième, 16 le troisième, 15 1/2 le quatrième: en tout, 64 kilogrammes et demi, c'est-à-dire le huitième de son poids initial.

Une tourterelle, que M. Boussingault priva d'aliments pendant sept jours, mais en lui laissant de l'eau à discrétion, perdit $8^{gr},5$ le premier jour, $7^{gr},2$ le second, $7^{gr},4$ le troisième, $7^{gr},5$ le quatrième, $8^{gr},1$ le cinquième, $7^{gr},5$ le sixième. Son poids initial s'est réduit de $186^{gr},8$ à 133 grammes; de sorte qu'en sept jours, l'oiseau perdit 29 centièmes de son poids primitif. M. Chossat a constaté que la mort arrive en général pour les animaux à sang chaud dès qu'ils ont éprouvé une perte totale de 40 centièmes ; elle survient après celle de 20 centièmes, si les animaux sont jeunes ; mais les vertébrés à sang froid emploient, d'après les belles recherches de cet expérimentateur, un temps vingt-trois fois plus long que les mammifères et les oiseaux pour arriver au même chiffre de déperditions, ce qui s'explique très bien par la faible activité du travail nutritif et de toutes les autres fonctions de ces êtres.

La prédominance de la décomposition sur les phénomènes d'assimilation coïncide avec les déperditions abondantes, les travaux excessifs, les affections aiguës ou chroniques qui ralentissent ou qui suspendent le travail digestif. On sait avec quelle effrayante rapidité l'amaigrissement fait des progrès sur les animaux soumis à des marches forcées, à des travaux pénibles, sur les femelles qui allaitent, sans recevoir une nourriture suffisante, sur les sujets phthisiques, sur ceux qui portent de vastes plaies suppurantes, etc., et, en un mot, sur tous les animaux dont les déperditions abondantes ne sont pas ou ne sont que très incomplétement réparées.

Dans toutes ces conditions, en apparence si diverses, les fluides et les solides n'éprouvent cependant pas d'autres mutations que celles qu'ils subissent à l'état normal; ils se détériorent peu à peu, et s'usent plus ou moins incomplétement, faute de recevoir du dehors de quoi compenser leurs pertes continuelles. En effet,

'oxygène atmosphérique, introduit dans l'économie par la respiration, brûle en ingt-quatre heures, chez un cheval, plus de 2500 grammes de carbone enlevés à 'organisme. Or il faut une énorme quantité de graisse, de fibrine, d'albumine ou l'autres principes azotés pour fournir une telle masse de combustible; c'est ourquoi le corps diminue si rapidement de poids et éprouve un amaigrissement apide, lorsque l'alimentation ne restitue pas à l'économie l'équivalent de ses ertes. Plus la respiration est étendue et complète, plus aussi la combustion cquiert de rapidité. Les oiseaux meurent très vite par la privation d'aliments; les ammifères, ou du moins la plupart d'entre eux, meurent moins vite; les reptiles, lont la respiration est si lente et si imparfaite, emploient un temps très long à rriver au même résultat; enfin les animaux à sang chaud ne peuvent supporter 'abstinence hibernale si la respiration ne se ralentit beaucoup, afin d'introduire lans l'organisme la moindre quantité possible de cet élément de destruction.

Les pertes qu'éprouve l'organisme portent sur toutes les parties, mais suivant les proportions variables, car l'oxygène en dissolution dans le sang est distribué vec ce liquide dans tous les tissus. Toutes ne cèdent pas également à son action comburante. La graisse et les muscles sont ceux qui en reçoivent les plus profondes atteintes, tandis que la peau, les tendons, les cartilages, les os, le cerveau, la moelle épinière y résistent avec énergie ; aussi ces parties réfractaires conservent-elles, à peu de chose près, leur poids initial et leur volume à la suite l'une abstinence prolongée qui a fait disparaître la graisse et déterminé une trophie considérable du système musculaire.

Les produits des mutations éprouvées par les tissus, c'est-à-dire l'eau, l'acide carbonique, l'urée, l'acide urique, l'acide cholétique, sont éliminés par les voies respiratoires, par la peau, les reins, le foie, qui sont autant de portes ouvertes aux produits de la dissolution des parties organisées. Tous dérivent de l'action fatale de l'oxygène qui a pénétré dans l'économie, où il est à la fois l'élément de la vie et celui de la destruction.

Ainsi s'opère le travail de la nutrition considéré dans son ensemble, sorte de lutte perpétuelle entre l'assimilation et la destruction, la composition et la décomposition, comme si la vie devait résulter d'un antagonisme incessant et réglé entre les forces qui édifient et celles qui détruisent. Aussi le corps animal est-il bien réellement comparable au vaisseau des Argonautes, dont les avaries continuelles étaient réparées à mesure. Mais il est impossible de savoir quel est le temps nécessaire à la rénovation complète de toutes les parties de l'économie, c'est-à-dire le temps au bout duquel l'admirable vaisseau de l'organisme ne conserve plus aucune des pièces qui le constituaient primitivement. Tout ce qu'on a dit à cet égard ne repose sur aucun fondement réel, et très probablement les bases manqueront toujours à une pareille détermination qui, du reste, n'a pas une grande importance. Arrivons à l'examen des caractères particuliers du travail nutritif dans les divers tissus animaux.

CHAPITRE XLVI.

DES PHÉNOMÈNES SPÉCIAUX DE LA NUTRITION.

Ce qu'il y a de plus merveilleux dans le travail nutritif n'est pas le changement chimique par lequel un principe caractérisé se transforme en un autre principe jouissant de propriétés nouvelles ; c'est le résultat même de la transformation, l'ordre suivant lequel celle-ci s'effectue, l'organisation particulière du produit et le rôle qu'il devient apte à remplir. Rien n'est en effet plus étonnant que de voir, dans l'économie animale, tant de parties si différentes par leur situation, leur aspect, leur texture, leur composition et leurs propriétés se former, s'accroître, s'entretenir et se renouveler aux dépens du même fluide. C'est de ce liquide générateur que naît la substance dure de l'os et de la dent, aussi bien que la pulpe molle du cerveau et de la moelle épinière, la matière opaque de la choroïde, et la substance diaphane du cristallin, la membrane incolore, et le poil ou la plume reflétant les couleurs les plus variées ; la fibre qui sent et la fibre qui se contracte ; le nerf qui préside à la sensibilité et celui qui détermine le mouvement, celui qui est affecté par la lumière et celui qui perçoit les vibrations sonores. C'est de lui que dérivent le suc gastrique dissolvant, la bile âcre et le mucus, la synovie, la sérosité sans propriétés irritantes, le venin qui tue, le fluide séminal qui donne la vie, le lait qui nourrit. Enfin c'est à ce liquide que chaque partie organisée emprunte ce qui est nécessaire à sa nutrition et à sa sécrétion, comme c'est à lui que chaque partie rend ce qu'elle a usé ou ce qui ne lui convient plus.

Les diverses parties de l'économie, pour se former, empruntent au sang une masse de matériaux proportionnelle à leur poids respectif, mais une fois constituées, elles lui soustraient une quantité d'éléments en rapport, soit avec la rapidité de leur accroissement et de leur rénovation, soit avec l'abondance de leur sécrétion. Le système musculaire, par exemple, qui à lui seul représente la moitié du poids du corps, absorbe sans doute à peu près autant que toutes les autres parties réunies. Les autres tissus mous, d'une vascularité analogue, lui enlèvent probablement chacun une quantité d'éléments proportionnels à leur poids ; mais les parties peu vasculaires, comme les os, les cartilages, les tendons, les ligaments, lui en soustraient moins que les premières. C'est pour pouvoir juger approximativement de la somme de matériaux nécessaires à la constitution et à l'entretien de chaque organe, que j'ai pesé les diverses parties des corps de nos espèces domestiques et de quelques animaux sauvages.

Le tissu cellulaire, que l'on a longtemps considéré comme l'élément générateur de beaucoup d'autres, se développe, d'après les recherches de Schwann, sous la forme de cellules ovales qui apparaissent dans le plasma. Ces cellules à noyaux s'allongent peu à peu, se découpent longitudinalement en fibrilles parallèles les unes aux autres, sur la longueur desquelles persiste pendant un certain temps le noyau des cellules primitives. Les fibres de ce tissu sont de deux espèces : les plus nombreuses, cylindriques, pleines, à contour lisse, décrivent des ondulations et se rassemblent en faisceaux entrecroisés ou en lamelles plus ou moins étendues ; les plus

CHEVAL DE TRAIT ADULTE, PESANT 504 KIL.

PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.
	kil.	
Sang	29,500	::1: 16,98
Peau	30,135	::1: 16,62
Corne des sabots	2,760	::1: 181,52
Muscles et annexes	227,900	::1: 2,19
Os et cartilages frais.	61,945	::1: 8,08
Os et cartilages secs.	45,100	::1: 11,10
Encéphale	0,627	::1: 779,04
Moelle épinière	0,280	::1: 1789,28
Langue	1,200	::1: 417,50
Larynx	0,290	::1: 1727,58
Trachée	0,572	::1: 875,87
Œsophage	0,420	::1: 1192,85
Parotide droite	0,202	::1: 2480,19
Parotide gauche	0,210	::1: 2385,71
Maxillaire droite	0,042	::1:11928,57
Maxillaire gauche	0,047	::1:10659,57
Sublinguales (ensemb)	0,025	::1:20040,00
Corps thyroïdes (ens.)	0,030	::1:16700,00
Cœur	3,750	::1: 133,60
Poumons	4,340	::1: 115,48

CHEVAL DE TRAIT ADULTE, PESANT 504 KIL.

PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.
	kil.	
Foie	6,620	::1: 75,67
Rate	0,985	::1: 508,62
Pancréas	0,322	::1: 1555,90
Rein droit	0,777	::1: 644,78
Rein gauche	0,777	::1: 644,78
Capsules surr. (ens.)	0,051	::1: 9823,58
Vessie vide	0,140	::1: 3578,57
Pénis, scrot. fourreau.	1,725	::1: 290,43
Testicule droit	0,145	::1: 3455,17
Testicule gauche	0,163	::1: 3073,61
Estomac vide	1,190	::1: 421,00
Intestin grêle vide	4,775	::1: 104,92
Cæcum vide	2,258	::1: 221,87
Côlon replié vide	5,600	::1: 89,46
Côlon flottant et rect.	3,960	::1: 126,51
Matières de l'estomac.	5,510	::1: 90,92
Mat. de l'intestin grêle.	4,925	::1: 101,72
Matières du cæcum	6,342	::1: 78,99
Matières du côlon	24,790	::1: 20,20

JUMENT DE TRAIT LÉGER ADULTE, TREIZE ANS, PESANT 400 KIL.

PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.
	kil.	
Sang	19,839	::1: 20,16
Peau	18,500	::1: 21,62
Corne des sabots	2,575	::1: 155,33
Muscles et annexes	183,500	::1: 2,17
Os et cartilages frais.	57,700	::1: 6,93
Os et cartilages secs.	86,800	::1: 10,86
Encéphale	0,672	::1: 595,23
Moelle épinière	0,309	::1: 1294,49
Langue	1,025	::1: 390,24
Larynx	0,250	::1: 1600,00
Trachée	0,566	::1: 706,71
Œsophage	0,317	::1: 1264,98
Parotide droite	0,172	::1: 2325,58
Parotide gauche	0,179	::1: 2234,63
Maxillaire droite	0,044	::1: 9090,90
Maxillaire gauche	0,047	::1: 8510,63
Sublinguales (ensemb.)	0,021	::1:19047,61
Corps thyroïdes (ens.)	0,024	::1:16666,66
Cœur	3,050	::1: 131,14

JUMENT DE TRAIT LÉGER ADULTE, TREIZE ANS, PESANT 400 KIL.

PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.
	kil.	
Poumons	5,350	::1: 74,76
Foie	5,225	::1: 76,55
Rate	0,967	::1: 413,65
Pancréas	0,308	::1: 1298,70
Rein droit	0,715	::1: 559,44
Rein gauche	0,704	::1: 568,18
Capsules surr. (ens.)	0,065	::1: 6153,84
Vessie vide	0,120	::1: 3333,33
Utérus, ovaires, vagin.	1,285	::1: 311,28
Estomac vide	1,350	::1: 296,29
Intestin grêle	4,400	::1: 90,90
Cæcum vide	2,600	::1: 153,84
Côlon replié vide	6,700	::1: 59,70
Côlon flot. et rect. vid.	4,500	::1: 88,88
Matières de l'estomac.	2,605	::1: 153,55
Mat. de l'intestin grêle.	8,800	::1: 45,45
Matières du cæcum	7,900	::1: 50,63
Matières du côlon	44,990	::1: 8,90

BÉLIER AGÉ DE QUATRE ANS, PESANT 55 500 GR.			PORC JEUNE, PESANT 29 177 GRAMMES.		
PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.	PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.
	kil.			kil.	
Peau et laine.	10,350	::1: 5,36	Peau.	2,941	::1: 9,92
Corne des sabots et de la tête.	1,890	::1: 29,36	Corne des onglons. . . Sang.	0,030 0,777	::1: 972,56 ::1: 37,55
Muscles et annexes. .	19,200	::1: 2,83	Muscles et annexes. .	13,259	::1: 2,20
Os et cartilages frais. .	5,810	::1: 9,55	Os et cartilages frais. .	3,292	::1: 8,86
Os et cartilages secs. .	4,045	::1: 13,72	Os et cartilages secs. .	2,220	::1: 13,14
Encéphale	0,136	::1: 408,08	Graisse libre.	2,800	::1: 10,42
Moelle épinière. . . .	0,053	::1: 1047,16	Encéphale.	0,101	::1: 288,88
Langue, larynx, trachée, œsophage. . .	0,402	::1: 138,05	Moelle épinière. . . . Langue, larynx, trachée, œsophage. . .	0,033 0,269	::1: 884,15 ::1: 108,56
Parotides (ensemble). .	0,046	::1: 1156.25	Parotides (ensemble). .	0,138	::1: 211,12
Maxillaires (ensemble)	0,032	::1: 1734,37	Maxillaires (ensemble).	0,020	::1: 1458,85
Cœur.	0,210	::1: 264,28	Sublinguales (ensemb.)	0,007	::1: 4168,14
Poumons.	0,917	::1: 60,52	Cœur.	0,178	::1: 163,94
Foie.	0,662	::1: 83,83	Poumons.	0,254	::1: 114,87
Rate.	0,104	::1: 533,65	Foie.	0,905	::1: 32,23
Pancréas.	0,058	::1: 956,89	Rate.	0,079	::1: 369,32
Reins (ensemble). . .	0,136	::1: 408,08	Pancréas	0,056	::1: 521,01
Testicules (ensemble).	0,416	::1: 133,41	Reins (ensemble). . .	0,142	::1: 205,47
Estomac vide.	1,361	::1: 40,77	Utérus et ovaires . . .	0,303	::1: 96,29
Intestins vides.	1,160	::1: 47,84	Estomac vide.	0,335	::1: 87,69
Mésentère et ganglions.	0,237	::1: 234,17	Intestin vide.	1,247	::1: 23,39
Matières de l'estomac.	8,639	::1: 6,42	Matières de l'estomac.	0,725	::1: 40,21
Matières de l'intestin.	1,413	::1: 39,29	Matières de l'intestin.		

rares, enroulées autour des premières, présentent sur leur trajet des noyaux bien distincts, et offrent des contours obscurs qui donnent à supposer qu'elles sont creuses. Ces dernières finissent, d'après quelques micrographes, par perdre les noyaux qui les distinguent.

Le développement de ce tissu commence à s'effectuer dès les premiers temps de la vie embryonnaire; il continue pendant toute la durée de la vie fœtale, et, plus tard, il devient un phénomène très général dans le travail de la cicatrisation et de la reproduction des tissus : alors le tissu cellulaire formé peut, en se modifiant légèrement, donner naissance au tissu fibreux et au séreux, dont les éléments sont analogues, sinon à peu près identiques, à ceux du tissu générateur.

La nutrition des muscles, qui emploie, à elle seule, à peu près la moitié de la masse totale du sang, offre dans son ensemble quelques traits remarquables propres à la différencier de celle des autres tissus.

Les fibres musculaires, d'après les recherches des micrographes et notamment d'après celles de Valentin, dérivent de cellules qui se sont allongées, tout en conservant leur contenu et le noyau de leurs parois. Leurs faisceaux sont généralement lisses dans les muscles de la vie organique et striés transversalement dans ceux de la vie animale. Lorsque le muscle s'accroît, il se forme de nouvelles fibres et de

CHIENNE BRAQUE ADULTE, PESANT 12700 GR.				LEVRIER DE RUSSIE, AGÉ DE QUATRE ANS, PESANT 20760 GRAMMES.			
PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.		PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.	
	kil.				kil.		
Sang du cœur et des gros vaisseaux. . .	0,410	:: 1 :	115,45	Peau	1,350	:: 1 :	15,37
Peau.	1,525	:: 1 :	8,32	Muscles et annexes . .	12,260	:: 1 :	1,69
Muscles et annexes . .	6,022	:: 1 :	2,10	Os et cartilages frais. .	2,638	:: 1 :	7,86
Os et cartilages frais. .	1,723	:: 1 :	7,37	Os et cartilages secs. .	2,050	:: 1 :	10,12
Os et cartilages secs. .	1,218	:: 1 :	10,42	Graisse libre.	0,340	:: 1 :	61,05
Graisse libre. . . .	0,785	:: 1 :	16,17	Encéphale.	0,092	:: 1 :	225,65
Encéphale.	0,082	:: 1 :	154,87	Moelle épinière. . . .	0,027	:: 1 :	768,88
Moelle épinière. . . .	0,017	:: 1 :	747,05	Langue et larynx. . .	0,118	:: 1 :	175,93
Langue, larynx, trachée, œsophage. . .	0,162	:: 1 :	78,39	Trachée.	0,038	:: 1 :	629,09
Parotides (ensemble)..	0,086	:: 1 :	147,67	Œsophage.	0,067	:: 1 :	309,85
Maxillaires (ensemble)	0,013	:: 1 :	976,92	Parotides (ensemble)..	0,010	:: 1 :	2076,00
Cœur.	0,110	:: 1 :	115,45	Maxillaires (ensemble).	0,014	:: 1 :	1482,85
Poumons.	0,310	:: 1 :	40,96	Cœur.	0,274	:: 1 :	76,60
Foie.	0,568	:: 1 :	22,35	Poumons.	0,371	:: 1 :	55,95
Rate..	0,040	:: 1 :	317,50	Foie.	0,897	:: 1 :	23,14
Pancréas.	0,050	:: 1 :	254,00	Rate.	0,177	:: 1 :	117,28
Reins (ensemble). . .	0,086	:: 1 :	147,67	Pancréas	0,085	:: 1 :	244,23
Estomac vide.	0,124	:: 1 :	102,41	Reins (ensemble). . .	0,209	:: 1 :	99,33
Intestin vide.	0,384	:: 1 :	33,33	Vessie et prostate. . .	0,055	:: 1 :	377,45
Matières de l'estomac et de l'intestin.. . .	0,185	:: 1 :	68,64	Testicules (ensemble).	0,036	:: 1 :	576,66
				Estomac vide.	0,133	:: 1 :	156,09
				Intestin vide	0,460	:: 1 :	45,13
				Matières de l'estomac et de l'intestin.. . .	0,097	:: 1 :	214,02

nouveaux fascicules entre les fibres et les fascicules anciens, comme Schwann l'a vu pour la matrice pendant la gestation.

Dans le jeune âge, les muscles sont pâles, mous, peu énergiques; mais peu à peu leur consistance augmente et leur couleur se fonce : d'abord ils paraissent plus gélatineux, leur tissu semble moins pénétré de fibrine, les divers muscles sont peu distincts et un peu grêles; plus tard, les masses musculaires prennent du volume, leurs saillies se dessinent, les membres s'arrondissent. A l'âge adulte, la fibre est flexueuse; elle durcit et devient coriace à mesure que les animaux vieillissent, surtout s'ils sont employés à des travaux pénibles; mais tous n'ont pas ni la même couleur ni la même consistance dans une espèce donnée. Les peauciers, le sterno-huméral, le sterno-aponévrotique, le demi-tendineux, le demi-membraneux, sont moins rouges que la plupart des autres; ceux des pattes du coq et de plusieurs gallinacés ont une teinte assez vive, tandis que ceux du bréchet et du tronc sont très pâles. Les psoas, le pectiné, le biceps, sont d'une texture extrêmement délicate; au contraire, le mastoïdo-huméral, le splénius, la plupart des muscles cervicaux, ceux de l'avant-bras, de la jambe, ont une consistance et une dureté qui tient en grande partie aux lames aponévrotiques qui les recouvrent, aux intersections qui sillonnent leur substance et aux tendons qui les terminent.

Ces organes sont loin de prendre les mêmes caractères dans tous les animaux :

on les voit très pâles chez le lapin et très rouges chez le lièvre, moins colorés en général chez les herbivores que chez les carnassiers, moins chez les animaux gras, chez les sujets dont l'accroissement a été rapide, que chez ceux qui sont maigres et qui ont travaillé.

La nutrition de ces organes acquiert de l'activité par le fait d'un exercice modéré, qui donne du reste à la chair des animaux un goût plus agréable que celui des sujets élevés dans une inaction à peu près absolue. Les progrès de l'âge, les

LIONNE, PESANT 51 240 GRAMMES.			HYÈNE RAYÉE, PESANT 20 150 GRAMMES.		
PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.	PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.
	kil.			kil.	
Peau.	5,628	::1: 10,19	Sang du cœur et des gros vaisseaux. . .	0,100	::1: 201,50
Muscles et annexes. .	28,240	::1: 1,81	Peau.	2,560	::1: 7,87
Os et cartilages frais. .	8,574	::1: 5,97	Muscles et annexes. .	8,900	::1: 2,26
Os et cartilages secs. .	6,070	::1: 8,44	Os et cartilages frais. .	3,137	::1: 6,42
Graisse libre	0,300	::1: 170,80	Os et cartilages secs. .	2,250	::1: 8,95
Encéphale.	0,200	::1: 256,20	Graisse libre.	2,915	::1: 6,91
Moelle épinière. . . .	0,058	::1: 883,44	Langue et larynx. . .	0,125	::1: 161,20
Langue, larynx, trachée, œsophage. . .	0,785	::1: 65,27	Trachée.	0,030	::1: 671,66
Gl. parotides (ensemb.)	0,020	::1: 2562,00	Œsophage.	0,060	::1: 335,83
Gl. maxillaires (ens.).	0,034	::1: 1507,05	Gl. parotides(ensemb.)	0,046	::1: 1259,37
Gl. molaires.	0,004	::1: 12810,00	Gl. maxillaires (ens.).	0,046	::1: 1259,37
Cœur.	0,337	::1: 152,04	Cœur.	0,155	::1: 130,00
Poumons.	0,595	::1: 86,11	Poumons.	0,286	::1: 70,45
Foie.	2,000	::1: 25,62	Foie.	0,488	::1: 41,29
Rate.	0,115	::1: 445,56	Rate.	0,035	::1: 575,71
Reins (ensemble). . .	0,402	::1: 127,46	Pancréas	0,029	::1: 694,83
Capsules surr. (ens.).	0,016	::1: 3202,50	Reins (ensemble). . .	0,440	::1: 143,92
Pancréas.	0,073	::1: 704,92	Utérus, ovaires, vessie.	0,019	::1: 1060,52
Utérus, ovaires, vessie.	0,095	::1: 539,36	Estomac vide.	0,233	::1: 86,48
Estomac vide.	0,536	::1: 95,59	Intestin vide.	0,369	::1: 54,60
Intestin vide.	1,244	::1: 41,18	Matières de l'estomac.	0,200	::1: 100,75
			Matières de l'intestin.	0,100	::1: 201,50

travaux excessifs, une alimentation insuffisante, diverses maladies, telles que la phthisie des bêtes bovines, déterminent à la longue une atrophie générale du système, poussée souvent à un degré extrême sur les vieilles vaches laitières. Les pressions extérieures, les lésions des nerfs produisent souvent une décoloration et une atrophie notable de quelques muscles, comme celles des droits de la tête et de plusieurs muscles laryngés du cheval. L'état de vacuité de l'utérus après la parturition détermine l'amincissement des faisceaux musculaires, des ligaments larges et de la membrane contractile de ce viscère; l'inanition diminue le poids du cœur comme celui des muscles du squelette.

Le tissu fibreux blanc ou jaune que divers micrographes font dériver, les uns des cellules ou de leurs noyaux, les autres directement du plasma sanguin épanché hors des vaisseaux, possède d'abord une consistance très faible et une couleur pâle. Les

fibres du tissu blanc, analogues à celles du tissu cellulaire, sont parallèles ou entre-croisées; celles du tissu jaune sont sinueuses et fréquemment anastomosées entre elles;

LIÈVRE FEMELLE ADULTE, PESANT 3422 GRAMMES.			POULE ADULTE, PESANT 1362 GRAMMES.		
PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.	PARTIES DU CORPS.	POIDS des parties.	RAPPORT entre le poids des parties et celui du corps.
	gr.			gr.	
Sang du cœur et des grands vaisseaux. .	15	:: 1 : 228,13	Peau et plumes. . . .	329	:: 1 : 5,69
Peau.	220	:: 1 : 15,55	Muscles et annexes. .	637	:: 1 : 2,13
Muscles et annexes. .	1,677	:: 1 : 2,04	Os et cartilages frais.	154	:: 1 : 8,84
Os et cartilages frais.	294	:: 1 : 11,63	Graisse libre.	59	:: 1 : 23,08
Os et cartilages secs.	212	:: 1 : 16,14	Os et cartilages secs.	107	:: 1 : 12,72
Encéphale	12	:: 1 : 285,16	Encéphale	4	:: 1 : 340,50
Moelle épinière. . . .	6	:: 1 : 570,33	Moelle épinière. . . .	3	:: 1 : 454,00
Langue, larynx, œsophage, trachée. . .	22	:: 1 : 155,54	Langue.	3	:: 1 : 454,00
			Larynx et trachée. . .	2	:: 1 : 681,00
Gl. parotides (ensemb.)	10	:: 1 : 342,20	Yeux.	4	:: 1 : 340,50
Gl. maxillaires (ens.).	2	:: 1 : 1711,00	Poumons.	10	:: 1 : 136,20
Gl. sous-zygom. (ens.)	5	:: 1 : 684,40	Cœur.	8	:: 1 : 170,25
Gl. de Harderus. . .	3	:: 1 : 1140,66	Œsophage, jabot. . .	19	:: 1 : 71,68
Cœur.	39	:: 1 : 87,74	Gésier vide.	32	:: 1 : 42,56
Poumons.	62	:: 1 : 55,19	Intestin vide.	41	:: 1 : 33,21
Foie.	135	:: 1 : 25,34	Foie.	48	:: 1 : 28,37
Rate.	2	:: 1 : 1711,00	Rate.	3	:: 1 : 454,00
Pancréas.	8	:: 1 : 427,75	Pancréas.	3	:: 1 : 454,00
Reins (ensemble). . .	20	:: 1 : 171,10	Reins.	15	:: 1 : 90,80
Mésentère et ganglions	7	:: 1 : 488,85	Ovaire et oviducte. .	7	:: 1 : 194,57
Utérus et ovaires. . .	40	:: 1 : 85,55	Contenu du gésier. .	14	:: 1 : 97,28
Estomac vide.	21	:: 1 : 162,95	Contenu de l'intestin.	15	:: 1 : 90,80
Intestin vide.	138	:: 1 : 24,79			
Contenu de l'estomac.	127	:: 1 : 26,94			
Contenu de l'intestin.	270	:: 1 : 12,67			

toutes prennent peu à peu de la consistance, acquièrent de la ténacité et deviennent de moins en moins réductibles en gélatine par l'action de l'eau bouillante. Il y a une très grande différence, sous ce rapport, entre les tendons du fœtus et ceux de l'animal adulte, entre les artères ombilicales, si faciles à déchirer, et les vaisseaux artériels d'un animal arrivé à son complet développement.

Les tissus fibreux s'ossifient quelquefois en plusieurs points, soit normalement, soit accidentellement. Leur ossification est normale dans les tendons des muscles des pattes de beaucoup d'oiseaux, surtout parmi les gallinacés, dans ceux des muscles du cou et du dos de certains oiseaux, et elle y commence de très bonne heure. Elle est accidentelle en d'autres points, comme on le voit dans les poches anévrysmales, dans la dilatation ovoïde de la grande mésentérique du cheval, le tendon terminal du moyen fessier, celui du fléchisseur profond des phalanges, au niveau du carpe et de la région digitée, dans la corde du ligament cervical près de la nuque et

au-dessus du garrot, dans l'aponévrose du fascia lata, et dans la couche élastique qui recouvre les ischio-tibiaux, dans la dure-mère rachidienne du chien, etc.

Mais ce tissu ne se transforme jamais en tissu musculaire, de même que le second ne se convertit pas en la substance du premier. La bride fibreuse qui, chez le cheval, forme quelquefois un petit faisceau musculaire à la face interne du coude, représente l'un des supinateurs du carnassier, mais n'est nullement un ligament transformé en muscle. Le ligament sésamoïdien supérieur ou suspenseur du boulet, dans l'épaisseur duquel on trouve, chez les solipèdes et les ruminants, des fibres charnues, représente les interosseux du pied des carnassiers ; mais il est tel à tous les âges de la vie fœtale et de la vie extra-utérine. D'autres muscles sont de même réduits chez certains animaux à l'état de simples ligaments ; mais ce changement d'état entre dans le plan général de l'organisation et ne dérive d'aucune métamorphose opérée pendant la vie.

Les cartilages qui paraissent dépourvus de vaisseaux propres, ou qui en possèdent très peu, et dont la nutrition s'effectue aux dépens des fluides charriés par les vaisseaux de leur enveloppe fibreuse, sont constitués par une substance homogène, transparente lorsqu'elle est réduite en lames minces. Au milieu de cette gangue amorphe, se trouvent disséminées des cavités inégales, irrégulièrement sphéroïdales ou elliptiques qui, elles-mêmes, sont remplies de cellules à diverses phases d'évolution. Valentin et Schwann prétendent que la substance homogène se forme la première, et qu'ensuite les cellules qui s'y développent et s'y agrandissent donnent naissance aux cavités, à l'intérieur desquelles surgissent ultérieurement d'autres cellules. Dans les premiers temps de la vie fœtale, les cavités des cartilages sont très nombreuses ; mais plus tard, elles le deviennent beaucoup moins, tout en acquérant des proportions supérieures à celles qu'elles avaient primitivement.

Le travail nutritif paraît extrêmement obscur dans ces tissus : aussi, lorsqu'ils ont été usés ou détruits partiellement, ils ne montrent parfois aucune marque évidente de régénération. Il est fort commun de voir sur le cheval des sillons profonds creusés dans les cartilages diarthrodiaux, et sur les surfaces articulaires de l'astragale, de l'extrémité inférieure du tibia, de la rotule, de la trochlée fémorale, et même sur les surfaces de l'articulation huméro-radiale. Alors, la destruction partielle ou totale des cartilages est accompagnée d'une transformation éburnée des surfaces osseuses. Néanmoins, lorsque les cartilages se rompent, ce qui est assez rare, ou lorsqu'ils sont divisés, ils se cicatrisent par l'intervention de leurs enveloppes fibreuses s'ils en sont pourvus.

La nutrition, en changeant de caractère dans les cartilages par le fait de l'âge, y détermine une ossification partielle ou quelquefois plus ou moins complète. La cloison nasale s'ossifie peu à peu, pour prolonger la lame médiane de l'ethmoïde ; les cartilages laryngiens du cheval et des ruminants, ceux de la trachée, celui du scapulum, sont fréquemment le siége d'ossifications qui débutent sous forme d'îles dont le diamètre augmente progressivement. Enfin, les cartilages costaux et les fibro-cartilages de l'os du pied du cheval sont souvent envahis par une ossification toute particulière et bien connue. Mais, dans toutes ces conditions, les cartilages et les fibro-cartilages commencent par devenir vasculaires, et ce n'est qu'à partir de l'apparition des vaisseaux que le travail d'ossification s'établit comme

dans les os qui passent de l'état cartilagineux à l'état osseux proprement dit.

Le travail de formation, d'accroissement et de nutrition devient fort compliqué dans les os; mais il y a été fort bien étudié par les physiologistes.

L'ossification qui peut s'établir dans la trame muqueuse aussi bien que dans la substance du cartilage est facile à suivre à toutes ses périodes, lorsqu'elle s'opère au sein du cartilage. Au début, on voit apparaître dans la substance de ce dernier des lacunes allongées plus ou moins régulières qui se remplissent d'un fluide transparent ; bientôt, dans les canaux qui viennent de se creuser spontanément, se forment des vaisseaux sanguins : ceux-ci prennent de l'extension et viennent s'anastomoser avec les vaisseaux du périoste, qui leur donnent du sang. A partir de ce moment, il se dépose des sels calcaires dans les parois des canaux et dans les espaces qui les séparent; le tissu nouveau est dès lors parfait, et sa texture n'éprouvera plus que des modifications accessoires. Ce tissu se compose de canalicules très fins, anastomosés entre eux par des branches transversales, et ouverts d'un côté à la surface externe de l'os, de l'autre dans la cavité médullaire ou dans les aréoles qui en tiennent lieu pour les os courts et l'extrémité des os longs. Ces canaux sont remplis d'une petite quantité de graisse et laissent passer chacun une artériole et une veinule très déliées ; ils sont entourés d'une série de zones incluses les unes dans les autres, et d'autant plus grandes qu'elles sont plus extérieures. Le tissu osseux a pour deuxième élément des corpuscules arrondis, allongés, disséminés dans la masse et portant à leur circonférence de nombreux prolongements étoilés. Mais on ne sait pas positivement si les canalicules osseux dérivent des cavités du cartilage primitif, et si les corpuscules osseux ont pour point de départ les cellules qui étaient renfermées dans ces cavités ; ce qui paraît à peu près certain, c'est que, pendant l'ossification aux dépens du cartilage, la chondrine se transforme en gélatine pour s'imprégner de phosphate et de carbonate de chaux.

Une fois formés, les os s'accroissent dans tous les sens : en largeur, par l'addition de nouvelles couches à la surface des parties déjà existantes; en longueur, par la juxtaposition d'autres couches entre le corps de l'os et ses extrémités épiphysaires ; leur canal médullaire s'agrandit par la résorption progressive des couches les plus internes. C'est ce que font entrevoir quelques expériences de Duhamel (1), de J. Hunter (2), et ce que démontrent les recherches de M. Flourens (3).

L'accroissement des os en grosseur dérive manifestement de la superposition de nouvelles couches à l'extérieur de celles qui existaient primitivement. L'anneau d'argent dont Duhamel entoura l'os d'un jeune pigeon se retrouva plus tard dans le canal médullaire ; les anneaux de fil de platine que M. Flourens a engagés, sous le périoste de plusieurs os, sur le chien, le lapin, le cochon d'Inde, ont été bientôt recouverts d'une mince couche d'os, puis de couches de plus en plus épaisses, et enfin se sont retrouvés à l'intérieur du canal médullaire. Les petites lames d'or ou de platine insérés de même sous le périoste ont été peu à peu recouvertes et ont

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences* de 1741 à 1743.
(2) *Œuvres complètes*, traduction française de Richelot, t. I, p. 291 ; t. IV, p. 409.
(3) *Théorie expérimentale de la formation des os*. Paris, 1847, in-8°, avec fig.

fini par arriver dans le canal. Enfin la garance donnée à de jeunes animaux teint leurs os à l'extérieur et par couches distinctes. Un porc âgé de six semaines reçut, pendant un mois, de la garance avec ses aliments; puis il fut remis pendant les six semaines suivantes à son régime primitif et tué. Les os des membres sciés transversalement laissaient voir autour du canal médullaire une première zone blanche formée primitivement, une seconde zone rouge, à l'extérieur de la première, formée pendant le régime de la garance, et une troisième, blanche, tout à fait excentrique produite pendant les six semaines qui suivirent l'usage de la matière colorante. Un autre animal, âgé de deux mois, fut soumis à l'usage de la garance pendant un mois, puis remis au régime ordinaire, et enfin plus tard à l'usage de la matière colorante. Ses os offraient alternativement deux couches blanches et deux couches rouges, correspondant chacune, les blanches au régime ordinaire, les rouges à celui de la garance.

En même temps que des couches nouvelles s'ajoutent successivement en dehors des couches primitives, celles-ci se résorbent ou disparaissent successivement. La couche la plus ancienne ou la plus rapprochée du canal médullaire disparaît la première, puis après celle-là la couche placée un peu plus en dehors. Lorsque l'anneau de platine dont on a entouré l'os est retrouvé dans le canal médullaire, c'est que tout ce qui était formé au moment de l'application de l'anneau a disparu, et tout ce qui est en dehors de l'anneau s'est formé à partir du moment où celui-ci a été appliqué; conséquemment, l'os primitif, l'os ancien a été résorbé pendant que s'est formé l'os nouveau.

L'accroissement en longueur s'effectue par le développement de couches nouvelles entre le corps de l'os et les épiphyses de ses extrémités, c'est-à-dire dans la couche cartilagineuse qui unit ce corps à ces épiphyses. Hunter, ayant pratiqué deux trous sur la longueur d'un tibia de porc, retrouva ces deux trous, quand l'animal fut arrivé à son développement complet, à la même distance l'un de l'autre qu'au moment où ils furent percés et remplis d'un grain de plomb. M. Flourens a implanté des clous d'argent sur le tibia de jeunes lapins; ces clous sont toujours restés à la même distance que primitivement, quoique la longueur totale de l'os eût augmenté d'un tiers. Tout l'accroissement en longueur s'est fait entre le clou et l'extrémité de l'os, car, entre chaque clou et la lame cartilagineuse de l'épiphyse correspondante, la distance primitive a doublé, triplé ou quadruplé, suivant la durée de l'expérience. Une autre preuve de ce mode d'accroissement en longueur est donnée par le régime de la garance, que l'on fait suivre par le régime ordinaire avant de sacrifier les animaux. M. Flourens a vu la partie moyenne de l'os teinte en rouge, et aux extrémités, vers les cartilages épiphysaires, une couche blanche formée après la cessation du régime de la matière colorante. Cet accroissement continue tant que les cartilages épiphysaires persistent; mais il cesse une fois qu'ils ont disparu.

Pendant l'accroissement, il y a dans les os formation et destruction parallèles. Le développement d'une couche nouvelle s'accompagne de la destruction d'une couche ancienne; l'os se renouvelle complétement, la matière qui le formait primitivement disparaît peu à peu, à mesure qu'elle est remplacée par une matière nouvelle, la forme seule se conserve; seulement, comme la formation prédomine sur la destruction, l'os augmente sensiblement de volume et de poids.

Dans ce travail de formation, le périoste et la membrane médullaire jouent un rôle capital que les expériences nous permettent d'apprécier avec exactitude.

Duhamel avait été conduit, d'après ses propres observations, à considérer le périoste comme l'organe générateur de l'os; l'ossification progressive des lames du périoste suffisait, dans son opinion, à l'accroissement en diamètre des os. M. Flourens est arrivé à établir expérimentalement que la formation de l'os a lieu dans cette membrane; il a reséqué sur le chien un segment de côte en conservant le périoste au niveau de la partie détruite. Les extrémités de la côte ayant été maintenues à distance, le périoste s'est tuméfié et épaissi; il s'est développé dans ce périoste, devenu comme cartilagineux, un ou plusieurs petits noyaux osseux bien distincts et sans rapport de contiguïté avec les extrémités de la côte. Peu à peu ces noyaux ont pris de l'extension; ils ont comblé l'espace résultant de la résection, et finalement ils ont reconstitué la portion osseuse détruite et rétabli la continuité entre les deux bouts de l'os costal. Les os longs dont la membrane médullaire a été détruite sont morts, et un os nouveau, de même forme que l'ancien, a été reproduit par le périoste laissé intact; l'extrémité scapulaire de l'humérus, l'extrémité inférieure du radius, enlevées, se sont régénérées. A la suite de ces opérations, le périoste s'est tuméfié et a laissé apercevoir des noyaux osseux dont l'accroissement graduel a reconstitué les parties détruites. Enfin le périoste lui-même détruit se régénère, et, après s'être régénéré, il reproduit les portions d'os enlevées; c'est aussi cette membrane qui, d'après M. Flourens, forme le cal: « Quand un os est fracturé, le périoste commence par se tuméfier, par se gonfler, par envoyer des prolongements entre les bouts d'os rompus, et ceci est pour le périoste le premier progrès; le second progrès est de s'attacher à ces bouts et de s'unir à la membrane médullaire, puis il paraît dans le périoste un ou plusieurs noyaux osseux; ces noyaux osseux se développent, s'étendent, touchent de chaque côté à chaque bout d'os rompu, et la fracture est remise. » Conséquemment, le cal se formerait de la même manière que les couches osseuses destinées à accroître l'os en longueur ou en largeur.

Il est incontestable que le périoste remplit un rôle important dans le travail formateur de l'os, puisqu'une fois cette membrane détruite l'os meurt totalement ou dans ses couches superficielles seulement; mais il ne me semble pas encore bien démontré que la formation de la substance osseuse ait lieu dans l'épaisseur même de ce périoste, car cette substance peut s'organiser en dehors du tissu de la membrane et aux dépens des matériaux fournis par les nombreux vaisseaux qui, de la face interne du périoste, pénètrent dans le tissu de l'os.

La part que prend la membrane médullaire à la formation ou à la nutrition de l'os contribue à la nutrition des couches internes par les vaisseaux nombreux qu'elle envoie dans leur épaisseur. Aussi, lorsqu'elle est détruite par suite de l'introduction d'un corps étranger dans la cavité interne de l'os, celui-ci meurt, et le périoste, demeuré intact, forme un os nouveau qui enveloppe complétement l'os ancien. A l'intérieur de l'os nouveau apparaît une nouvelle membrane médullaire qui résorbe peu à peu l'os ancien, devenu libre et tout à fait privé de vie. Ce rôle de résorption que la membrane médullaire remplit manifestement, aussi bien à l'état normal que dans diverses conditions accidentelles, ne la rend pas impropre à former ou à reproduire l'os en diverses circonstances. L'expérimentation apprend en

effet, comme l'a fait voir M. Flourens, que, si l'on détruit totalement le périoste d'un os, celui-ci meurt, sinon en totalité, du moins dans les couches extérieures, et la membrane médullaire produit un os nouveau à l'intérieur de l'os ancien.

Le mode de formation et d'accroissement des os, tel que je viens de l'indiquer d'après les recherches de M. Flourens, ne saurait être mis en doute; les objections qui se sont produites contre lui ne lui portent pas d'atteintes sérieuses. D'abord, le fait de la coloration du tissu osseux, signalé depuis peu dans toute la masse de l'os et principalement dans les parois des canalicules, prouve seulement que la matière rouge y a été portée par les vaisseaux sanguins de ces petits canaux; ensuite, à supposer que les couches qui se colorent fortement en rouge par la garance ne soient pas formées pendant l'usage des aliments auxquels cette substance est mêlée, il n'en resterait pas moins démontré : 1° que l'accroissement en diamètre dépend de l'addition de nouvelles couches à l'extérieur des couches anciennes; 2° que l'accroissement en longueur tient à la juxtaposition de couches analogues développées aux extrémités des os, dans l'épaisseur des cartilages épiphysaires; 3° qu'il y a dans la cavité médullaire résorption progressive des couches anciennes.

Les phénomènes de la nutrition dans les couches osseuses formées et dans les os dont le développement est achevé sont assez obscurs; ils ne peuvent point être mis en évidence comme ceux de l'accroissement. Cependant, certains faits sont de nature à en donner une idée vague : d'abord, le travail nutritif est plus actif dans les os des jeunes animaux que dans ceux des adultes ou des vieux sujets. On sait que les os des premiers sont plus mous, plus faciles à diviser et plus riches en vaisseaux : aussi se colorent-ils avec une rapidité étonnante sous l'influence de la garance. Duhamel a vu des os devenir de couleur de chair en vingt-quatre heures, d'un rose vif en trente-six heures et d'un rouge intense en trois jours. M. Flourens a constaté qu'il suffisait de trois à cinq heures pour donner une coloration sensible aux os des jeunes pigeons et de vingt-quatre pour les teindre complétement dans toutes leurs parties les plus déliées, sans que les tendons, les ligaments, les cartilages ni aucun des autres tissus de l'économie prissent la moindre teinte rougeâtre; au contraire, en dix-huit à vingt jours, c'est à peine si les os des vieux pigeons prennent une coloration appréciable. Il est très probable, par conséquent, que, dans le jeune âge, le plasma sanguin est plus abondamment distribué à la trame osseuse qu'il ne l'est plus tard; il est probable aussi que ce plasma se convertit plus rapidement en substance osseuse à cette première période que dans les âges subséquents. Quoi qu'il en soit, les os, en vieillissant, augmentent de consistance, de dureté et de pesanteur spécifique; leur vascularité diminue considérablement, ainsi que la quantité et le diamètre des canalicules osseux servant d'étuis aux vaisseaux. Leur surface change d'aspect : les lignes y deviennent plus saillantes, les rugosités plus âpres, les excavations plus profondes; la cavité médullaire s'agrandit beaucoup, les cellules des os courts deviennent plus larges, l'ampleur des sinus augmente, la forme de certains os du crâne et de la face se modifie.

La nutrition des os emploie une quantité considérable de matériaux plastiques; elle exige d'abord une substance azotée insoluble dans l'eau froide, et à laquelle on vient de donner le nom d'*osséine*, substance qui se réduit en gélatine par l'action de l'eau bouillante, et présente constamment les mêmes caractères à toutes les pé-

iodes de l'ossification, à tous les âges de la vie et dans tous les animaux. Elle exige ensuite, pour un certain nombre d'espèces, une autre matière azotée, blanche, transparente et très soluble dans les acides; enfin, d'après les intéressantes recherches de M. Fremy (1), du phosphate de chaux, du carbonate de chaux, du phosphate de magnésie, du phosphate ammoniaco-magnésien, du fluorure de calcium, en faible quantité, et des sels solubles, sulfates, phosphates, chlorures, alcalins. Ces divers sels ne sont point combinés, mais simplement mélangés à la matière organique.

D'après les analyses de M. Frémy, les os renferment en général une quantité de phosphate de chaux qui s'élève tout au plus à 64 pour 100, à 10 pour 100 de carbonate calcaire, et à 2 centièmes de phosphate de magnésie. Leur composition est à peu près identique dans les quatre classes de vertébrés, et parmi des animaux les plus éloignés les uns des autres, sous le rapport de leur organisation, de leur régime et des milieux où ils sont appelés à vivre ; elle est la même dans l'homme, le lion, l'éléphant, le veau, le lapin, le cachalot, l'autruche, la tortue, etc. Néanmoins, les os des herbivores contiennent plus de sels calcaires que ceux des carnivores; ceux des oiseaux ont un peu plus de ces sels que les mammifères carnivores ; ils ne renferment plus qu'une très faible quantité d'éléments calcaires dans les poissons cartilagineux.

Dès que les os commencent à se former, ils offrent la constitution chimique qu'ils doivent conserver pendant tout le reste de la vie. Les points osseux qui apparaissent dans le cartilage du fœtus ont tout d'abord les mêmes sels, et ceux-ci sont associés dans les mêmes proportions qu'à l'âge adulte avec la matière organique, dont la quantité demeure également à peu près invariable. Les parties osseuses de nouvelle formation, le cal dès qu'il est arrivé à l'état solide, présentent aussi la composition normale ; enfin les différentes couches concentriques des os, c'est-à-dire les plus rapprochées du périoste et les plus voisines du canal médullaire, ou les couches qui viennent d'être formées et celles qui sont à la veille d'être résorbées sont chimiquement identiques ; seulement la substance spongieuse a plus d'osséine et moins de sels que la substance compacte.

Dans le travail de l'ossification, il se forme donc un os solide à la place de l'os cartilagineux. La gélatine, qui ne précipite ni par l'alun ni par l'acide acétique et le sulfate de plomb, remplace la chondrine qui, au contraire, est précipitée par ces réactifs, et immédiatement, dans chaque point où naît le noyau osseux, se trouvent déposés tous les sels précédemment indiqués. Chacun de ces points a ses vaisseaux, ses canalicules, ses corpuscules osseux caractéristiques, et constitue dès lors un os parfait. Toute la partie qui reste cartilagineuse conserve sa chondrine, ses cavités avec leurs granulations, sa proportion fort minime de substance minérale. Les cartilages épiphysaires eux-mêmes se maintiennent tels jusqu'à l'âge adulte où ils disparaissent complétement.

Les différences d'aspect, de dureté ou de fragilité que les os présentent suivant les animaux et aux divers âges de la vie, paraissent donc tenir à la constitution physique

(1) *Recherches chimiques sur les os. — Annales de chimie et de physique*, 3e série, t. XLIII, janvier 1855, p. 47.

de ces parties, c'est-à-dire au degré de densité de leur substance compacte, aux proportions du canal médullaire, à l'épaisseur de ces parois, à la quantité de sang ou d'eau qui peut imprégner leur tissu, et non à leur composition chimique qui reste identique avec elle-même, comme le montre le tableau suivant extrait du mémoire de M. Fremy.

NOMS DES ANIMAUX ET DES OS ANALYSÉS.	CENDRES.	PHOSPHATE de chaux.	PHOSPHATE de magnésie.	CARBONATE de chaux.
Fœtus (sexe masculin, 4 mois). Fémur.	61,7	60,2	»	»
Homme de 40 ans. . . . . Fémur.	64,2	56,9	1,3	10,2
Femme de 97 ans. . . . . Fémur.	64,9	57,0	1,2	9,3
Momie égyptienne (femme). Fémur.	65,0	58,7	1,7	5,9
Chienne. . . . . Fémur.	62,1	59,0	1,2	6.1
Jeune lionne . . . . . Fémur.	64,7	60,0	1,5	6,3
Morse.	63,1	53,9	1,5	9,3
Lapin	66,3	58,7	1,1	6,3
Éléphant des Indes.	66,8	62,2	1,2	5,6
Rhinocéros de Java.	65,3	60,0	2,3	5,2
Veau mort-né . . . . . Fémur.	64,4	59,4	1,7	5.2
Veau de 5 mois. . . . . Fémur.	69,9	61,2	1,2	8,4
Vieille vache. . . . . Fémur.	71,3	62,5	2,7	7,9
Bœuf. . . . . Humérus	70,4	61,4	1,7	8,6
Taureau. . . . . Fémur.	69,3	59,8	1,5	8,4
Agneau. . . . . Fémur.	67,7	60,7	1,5	8,1
Mouton. . . . . Fémur.	70,0	62,9	1,3	7,7
Chevreau. . . . . Fémur.	68,0	58,3	1,2	8,1
Cachalot.	62,9	51,9	0,5	10,6
Aigle.	70,5	60,6	1,7	8,4
Poulet.	68,2	61,4	1,1	5,6
Dindon.	67,7	63,8	1,2	5,6
Tortue de terre (carapace).	64,0	56,0	1,2	10.7
Crocodile.	64.0	58,3	0,5	7,7
Brochet.	66,9	64,2	1,2	4,7
Raie (cartilages).	30,0	27,7	traces.	4,3

Il est quelques parties dans l'organisme, telles que l'épiderme, les épithéliums, la corne, les poils, les plumes et les dents, dont la formation et le renouvellement tiennent à la fois de la nutrition et des sécrétions. Ces parties, complétement privées de vaisseaux et de nerfs, ne paraissent le siége d'aucun travail moléculaire et interstitiel qui leur soit propre, et leur accroissement résulte de l'addition de nouvelles couches qui se développent entre les couches anciennes et les parties vivantes qui leur fournissent les éléments de composition. En elles, la nutrition va se montrer sous un aspect qu'elle n'avait dans aucun des tissus que nous avons rapidement passés en revue.

L'épiderme de la peau et l'épithélium des muqueuses sont constitués par plusieurs couches de cellules réunies les unes aux autres d'une manière plus ou moins intime. Dans les couches profondes ou de formation récente, les cellules régulières, pleines de liquide, ont un noyau bien distinct, et beaucoup d'entre elles renferment de la matière colorante. Dans les couches superficielles, les cellules à parois plus épaisses semblent avoir perdu leur contenu; beaucoup ne conservent plus leur

noyau, et la plupart ont pris une configuration différente de celle qu'elles possédaient dans le principe. Les premières forment à la peau ce qu'on appelle le pigment et le corps muqueux de Malpighi ; les secondes constituent l'épiderme proprement dit. Aux muqueuses, le nombre des couches de cellules épithéliales est généralement peu considérable ; quelquefois même, il n'y en a qu'une seule, et les cellules qui la forment étant faiblement unies entre elles, se dissocient ou se désagrégent avec une extrême facilité.

La formation des épithéliums ne résulte pas d'une sécrétion opérée, soit par le tissu de la peau ou des muqueuses, soit par des organes particuliers que les membranes tégumentaires présenteraient dans leur épaisseur ; elle tient au développement spontané de cellules dans le plasma que les capillaires exhalent à la surface externe de la membrane. La formation des cellules dans ce plasma ou ce cytoblastème, comme l'appellent les micrographes, s'opère d'elle-même avec une grande rapidité sous l'influence des causes qui déterminent la formation des globules dans le chyle, la lymphe et le sang, et celle des cellules et des fibres dans ce plasma versé au milieu de la trame de toutes les parties. Elle s'effectue continuellement, de sorte que le nombre des couches cellulaires augmenterait dans une proportion illimitée, si les couches superficielles ne devaient pas se détruire. Mais comme il s'use à l'extérieur une couche de cellules en même temps qu'il s'en développe une autre à la surface du tégument, l'épaisseur totale de l'épithélium reste à peu près invariable. Les feuillets, naguère profonds et récents, deviennent bientôt superficiels et anciens, remplacés par d'autres qui, à leur tour, ne tarderont pas à être amenés à l'extérieur.

Les cellules épithéliales, une fois formées, ne conservent pas toujours leurs caractères primitifs ; elles éprouvent dans la série de leurs âges successifs des changements très appréciables qui portent principalement sur leur forme et leur contenu. Dans le principe, elles sont sphéroïdales et gonflées par des liquides, et même par du sang, si l'on s'en rapporte à l'assertion de Henle. Peu à peu elles deviennent polygonales en se serrant les unes contre les autres ; leurs parois s'épaississent ; leur noyau devient moins distinct, et disparaît même dans un certain nombre ; enfin leur contenu se perd. Une fois arrivées à la surface, elles s'enlèvent, réunies par petites lames furfuracées. Tous ces changements sont étrangers aux vaisseaux, puisque l'épiderme et les épithéliums en sont dépourvus ; ils tiennent à l'action des agents extérieurs.

Les différentes formes que prennent les cellules épithéliales en s'organisant, les divers caractères de leur contenu, ne sauraient s'expliquer d'une manière satisfaisante. Rien ne paraît expliquer pourquoi ici on voit se développer l'épithélium pavimenteux, là l'épithélium à cylindre, plus loin l'épithélium vibratile. Rien ne nous donne la raison du développement de cellules pigmentaires en certains points, de leur absence en d'autres points très voisins des premiers. Les forces vitales s'enveloppent dans un mystère aussi impénétrable pour les productions les plus simples que pour les plus compliquées ; mais elles conservent ici, comme partout, les caractères d'après lesquels elles organisent la matière en vue d'une destination définie et rigoureusement déterminée.

Les épithéliums pavimenteux de la peau, de la muqueuse buccale, œsophagienne,

de celle de l'estomac d'un certain nombre d'animaux, jouissent d'une fixité que n'ont pas les épithéliums de l'intestin grêle, des conduits excréteurs des glandes, dont la mue est pour ainsi dire continuelle ou opérée à de fréquents intervalles; ils se constituent aux dépens d'une substance gélatineuse associée, d'après les analyses de M. Fremy, à environ 3 centièmes de matières minérales, comme on le voit surtout chez les reptiles dont l'épiderme, épaissi, est devenu écailleux. Aussi on doit admettre que, dans le travail de formation des cellules épithéliales, au sein du plasma qui s'est échappé du réseau des capillaires muqueux, les éléments qui ne servent point à la constitution des cellules sont résorbés insensiblement par les vaisseaux qui les ont fournis.

Le tissu corné qui forme des enveloppes résistantes au pied des animaux, des armes à certains d'entre eux, des ornements à quelques-uns, se produit par un mécanisme analogue à celui qui donne naissance à l'épiderme, dont la corne n'est qu'une simple modification physique.

Ce tissu est constitué d'après les observations de MM. Gurtl (1), Delafond (2) et H. Bouley (3), par des tubes cylindriques légèrement évasés à leur origine pour emboîter les papilles du tissu sécréteur. Ces tubes, vides dans une grande partie de leur étendue, remplis souvent vers leur extrémité libre d'une substance spongieuse, sont parallèles les uns aux autres, formés de couches concentriques résultant de la superposition de cellules épithéliales plus ou moins déformées, unies par une matière amorphe, comme le sont les cellules épidermiques. La corne des sabots du cheval et des autres animaux, celle des appendices frontaux des ruminants présente cette structure simple avec quelques modifications dans la forme, le diamètre, l'arrangement des tubes et le degré d'altération des cellules qui entrent dans leur constitution.

Les productions cornées, quelles que soient leur forme et leurs propriétés physiques, sont composées par une matière hygrométrique, flexible, élastique, insoluble dans l'eau, soluble dans les acides et dans les alcalis, matière dont la nature est la même que celle des substances protéiques, c'est-à-dire de l'albumine, de la fibrine et de la gélatine, comme l'ont fait voir les analyses de Scherer et de M. Fremy. Cette matière isomérique à celle qui forme la trame organique des os, est associée à de la graisse, des sels et même à du soufre, et à des traces de fer.

La corne se forme et s'accroît comme l'épithélium des muqueuses et l'épiderme cutané, à la surface externe de la peau, plus ou moins modifiée dans son aspect, son épaisseur et son degré de vascularité. Au pied des solipèdes et des ruminants, la peau, arrivée à la naissance de l'ongle ou du sabot, se renfle et se dispose en un bourrelet circulaire, épais et hérissé de volumineuses papilles coniques; au-dessous de ce bourrelet, et sur toute l'étendue de la face antérieure de la première phalange, le tégument aminci offre une infinité de petites lamelles parallèles les unes aux autres, dont la face externe est dépourvue de prolongements papillaires; enfin, à la face inférieure de cet os, le tégument reprend des papilles, semblables aux

(1) Henle, *Anatomie générale*, Paris, 1843, t. I, p. 289 et suiv.
(2) *Recueil de médecine vétérinaire*, t. XXII.
(3) *Traité de l'organisation du pied du cheval*, 1re partie, p. 128.

dimensions près à celles du bourrelet. De même, la cheville osseuse du frontal qui supporte chaque corne, est recouverte d'un prolongement cutané très vasculaire, riche en papilles ; la peau qui produit la châtaigne des solipèdes, les ergots d'un grand nombre de mammifères ongulés, a, au-dessous de la corne, la structure veloutée et papillaire qui, en définitive, n'est que l'exagération de la structure que cette membrane offre dans tout le reste de son étendue. Ce sont ces portions tégumentaires modifiées qui deviennent les organes générateurs de la corne : elles n'ont pas dans leur épaisseur de glandes particulières chargées de fournir la matière cornée. Les vaisseaux laissent seulement exhaler à leur surface le plasma dans lequel se développent spontanément les cellules cornées, et ces cellules, par l'ordre de leur évolution successive et par l'agencement forcé que leur impriment les papilles et les lamelles du tissu vivant, prennent, suivant les points, la forme de tubes, ou conservent celle de lames, de plaques ou d'écailles irrégulières. Le mécanisme de cette formation, exactement le même que celui des épithéliums, n'en diffère que par plusieurs particularités accessoires.

Sur le pied des solipèdes, par exemple, toutes les parties du tégument, en rapport avec le sabot, jouissent de la propriété de fournir le plasma qui se transforme en matière cornée : c'est ce que les opérations les plus simples démontrent tous les jours. Dès qu'une partie du tissu sous-jacent à l'ongle a été mise à découvert, elle se recouvre d'une couche de matière jaunâtre, molle, dont l'épaisseur et la consistance augmentent graduellement, matière cornée de nouvelle formation destinée à remplacer celle qui a été enlevée. Mais toutes les parties du tégument sous-corné ne prennent point une part égale et uniforme à la production de la corne nouvelle, et par conséquent, à celle de l'ongle dans l'état normal. Les expériences de MM. Renault et H. Bouley ont appris que les parties pourvues de papilles, c'est-à-dire le bourrelet, le tissu villeux de la sole et de la fourchette possédaient seules la propriété de donner naissance à de la corne fibreuse, pourvue de tubes, tandis que les parties lamelleuses sans papilles, comme le tissu podophylleux, ne produisent qu'une corne homogène sans fibres et sans tubes, bien qu'elle soit, comme la première, constituée par des cellules. Ainsi, le bourrelet donnerait naissance à la paroi dont les couches profondes, lamelleuses, proviendraient du tissu podophylleux qui tapisse la face antérieure de la troisième phalange. Le tissu villeux qui recouvre la face inférieure de cet os et du coussinet plantaire servirait à la formation de la sole et de la fourchette.

Dans le travail générateur de la corne, les parties tégumentaires sous-jacentes à l'ongle ne paraissent nullement jouer le rôle d'organes de sécrétion ; elles ne préparent point dans leur tissu la matière cornée ; cette matière n'y est pas formée par des follicules ni par des glandules ; elle se produit à leur surface aux dépens du plasma exhalé par les capillaires, comme l'épiderme se produit à la surface du derme dans le plasma qui s'échappe des vaisseaux de ce dernier, comme la substance osseuse se forme à la face interne du périoste aux dépens des matériaux dérivés des vaisseaux de cette membrane fibreuse. Toutes les parties de la surface extérieure du tégument sous-corné y concourent proportionnellement à leur degré de vascularité. Aucune d'elles n'a à cet égard de privilége exclusif. Les papilles doivent y prendre part, de même que les lamelles, et ces parties proéminentes partagent cette propriété avec les espaces inter-papillaires et inter-lamellaires qui en jouis-

sent d'une manière incontestable ; car la formation de la corne s'opère encore sur les surfaces où les papilles et les lamelles ont été excisées, et avant qu'elles se soient régénérées. Seulement, ces appendices servent, en outre, de moules à la matière cornée, comme le dit avec tant de justesse M. H. Bouley. Ce sont les papilles qui donnent à la corne la forme tubuleuse, ce sont elles qui déterminent le nombre, la direction, la forme des tubes, de même que la papille du bulbe pileux entraîne la forme du poil et sa cavité centrale ; de même encore que la proéminence osseuse du frontal tapissé par un prolongement dermoïde, donne forcément à l'étui corné la forme d'un tube conique et creux ; enfin, ce sont les lames podophylleuses qui font reproduire à la corne, en dedans du sabot, la disposition qu'elles affectent elles-mêmes.

L'accroissement des productions cornées s'effectue sans interruption dans celles dont l'usure est continuelle, et il ne se continue que jusqu'à une certaine limite dans celles qui ne doivent pas éprouver d'usure bien sensible ; il a lieu comme celui de l'épiderme, par une formation de substance cornée à la surface du tissu générateur, de telle sorte que les parties les plus profondes sont les plus récentes; mais la disposition des parties vivantes apporte quelques modifications au sens de cet accroissement. Dans le sabot des solipèdes, l'accroissement de la paroi a lieu du bourrelet vers le bord inférieur du pied ; car si l'on trace une ligne transversale près du bourrelet, on voit cette ligne descendre peu à peu et finir par arriver au bord inférieur de la paroi. A ce moment, toute la corne qui, dans le principe, existait depuis la ligne jusqu'à la partie inférieure du pied, se trouve usée, et toute celle qui est supérieure à la ligne s'est formée pendant l'usure de la première. La corne de la sole et de la fourchette s'accroît aussi de haut en bas, c'est-à-dire de la face adhérente vers la face libre ou inférieure. Si l'usure du sabot compense exactement l'accroissement, cette enveloppe cornée conserve ses proportions normales. Si, au contraire, le sabot ne peut s'user suffisamment, comme chez les animaux privés d'exercice, condamnés à une inaction absolue, ou chez ceux dont l'ongle est protégé par le fer, le sabot s'allonge et prend peu à peu des proportions qu'il n'acquiert jamais dans les conditions où la nature a placé les animaux.

Les productions cornées éprouvent quelques variations sous le rapport de leurs propriétés physiques et de leur accroissement aux divers âges de la vie. Elles apparaissent dès les premiers mois de la vie fœtale sur le cheval et les ruminants, d'abord sous forme d'une substance pâle, jaunâtre, très molle, ayant beaucoup d'analogie avec la corne de nouvelle formation qui se produit à la surface des tissus dénudés. Le pigment noir ne s'y montre pas dès le début ; mais dès qu'il s'y fait observer, les parties du tégument sous-jacentes à la corne noire possèdent la même couleur dans leur couche superficielle, et au niveau de ces parties colorées, les cellules qui se forment se remplissent de corpuscules pigmentaires. Les cornes frontales des ruminants se développent seulement après la naissance, à partir du moment ou une saillie de l'os du front se dessine pour soulever la peau, jusqu'alors couverte de poils. La portion du tégument qui enveloppe cette proéminence se modifie ; ses papilles s'hypertrophient, et bientôt cette portion se trouve recouverte d'un petit cône de matière cornée tenant lieu d'épiderme et de poils. A mesure que l'animal avance en âge, le support osseux augmente de volume, et il se forme à la surface du tégument modifié qui le recouvre de nouvelles couches qui chassent devant elles les plus anciennes.

Aussi, la corne résulte-t-elle réellement d'une succession de cornets emboîtés les uns dans les autres, cornets dont le premier est à la pointe, et le dernier, ou le plus récent, en contact avec le support osseux. Ainsi, l'accroissement de la corne ne procède pas seulement, comme on l'a dit, du bourrelet qui existe à sa base, il s'opère simultanément dans tous les points du tégument qui tapisse le support osseux (1).

La régénération des parties cornées détruites s'effectue aisément si les téguments sous-jacents sont intacts; elle peut même se faire encore si ces téguments ont été détruits eux-mêmes, du moins en partie, dès que leur reproduction préalable a pu avoir lieu.

Les poils de différentes sortes qui se trouvent à la peau, ceux qui existent à la muqueuse buccale de plusieurs rongeurs, à la muqueuse intestinale des solipèdes, et enfin, ceux qui se développent accidentellement sur la conjonctive et sur d'autres membranes muqueuses, ont, par leur mode de formation, d'accroissement et par leur nature, la plus grande analogie avec la corne et les productions épithéliales. Ils sont formés d'une couche corticale extérieure très dense, d'aspect fibreux, et d'une substance médullaire centrale, spongieuse, granulée. La première constitue une sorte de tube très fin dans la cavité duquel la seconde est déposée. Toutes les deux résultent de l'agrégation de cellules plus ou moins modifiées, cellules très allongées dans la couche extérieure, et à peine déformées dans la partie médullaire où se trouvent, quand les poils sont colorés, une certaine proportion de cellules pigmentaires.

La base du poil incluse dans un follicule, se trouve implantée sur une papille conique, analogue à celle qui se voit au bourrelet et au tissu villeux de la face plantaire du pied des animaux ongulés. C'est ce bulbe énormément développé à la base des longs poils roides de la moustache du cheval, du lion, de l'hyène, du chat, qui devient l'organe sécréteur du poil, et qui fournit à cette production les matériaux d'accroissement et de régénération.

La formation et l'accroissement des poils a lieu aux dépens du plasma exhalé dans la cavité folliculaire. Les cellules qui naissent de celui-ci s'allongent et s'unissent très intimement pour former la couche corticale, et elles se modifient moins dans la partie centrale ou médullaire, au milieu de laquelle les cellules pigmentaires sont parfaitement reconnaissables. Les substances qui constituent chimiquement la production pileuse sont assez nombreuses : la principale d'entre elles, de nature protéique, paraît être isomère avec celle de l'épiderme, de la corne, avec l'osséine, et enfin avec la fibrine et l'albumine, dont elle se distingue cependant, d'après Scherer, par un léger excès d'azote et d'hydrogène. Le reste, d'après les analyses de Vauquelin, est une huile blanche et une huile brunâtre, auxquelles on a attribué les diverses nuances de ces productions; du phosphate et du carbonate de chaux, de l'oxyde de manganèse, de l'oxyde et du sulfure de fer, de la silice et du soufre; mais on n'a pas encore examiné comparativement les productions pileuses dans les animaux, où elles se montrent avec tant de caractères différents. M. Chevreul a trouvé la laine brute de mérinos composée ainsi qu'il suit : matière terreuse qui se dépose dans l'eau avec laquelle on la lave, 26,06; suint soluble dans l'eau froide, 32,74;

(1) Voy. *Observations sur la végétation des cornes*, Duverney, *Œuvres anatomiques*, t. I, p. 569. — *Considérations anatomo-physiologiques sur les cornes frontales de l'embryon bovine*, par M. Numann, d'Utrecht, 1847 (*Bibliothèque vétérinaire*).

graisses particulières, 8,57; matière terreuse fixée par la graisse, 1,40; laine proprement dite, 31,23.

L'accroissement des poils dérive de la juxtaposition de nouvelles cellules à la partie incluse dans le follicule, de telle sorte que chaque segment d'un poil est d'autant plus récent qu'il est plus éloigné de l'extrémité libre. Cet accroissement est continu, mais plus rapide dans certaines conditions et plus lent dans d'autres. Ses matériaux étant fournis plus abondamment dans telles circonstances que dans telles autres, on voit chez quelques animaux, le mouton notamment, le diamètre du brin de laine offrir des inégalités considérables : ainsi, toute la partie du brin qui s'est formée pendant une maladie ou pendant une période d'insuffisante alimentation est plus étroite que celle qui est au-dessus et plus étroite aussi que la partie produite ultérieurement. La même particularité, si elle se reproduit plusieurs fois, donne l'image de ces cercles alternativement en relief, et en creux, que présente le sabot des chevaux affectés de fourbure. Cet accroissement une fois parvenu à un certain degré paraît s'arrêter, comme on le voit surtout aux longs poils des paupières, aux cils et aux moustaches du chat, à celles du cheval, ainsi que divers observateurs, Duverney entre autres, en ont fait la remarque.

Les parties du poil qui sont formées, bien qu'elles n'aient ni vaisseaux ni nerfs, ne sont pas tout à fait dépourvues d'une sorte de vitalité obscure que plusieurs faits semblent démontrer. Tout le monde sait que, dans beaucoup de maladies, le poil du cheval devient terne et piqué, et qu'il reprend peu à peu, avec le retour de la santé, sa souplesse et son brillant; et personne n'ignore que les poils peuvent éprouver assez rapidement des changements notables dans leur coloration. Il ne serait pas impossible que ces phénomènes dépendissent d'un mouvement capillaire des fluides qui imprègnent le tissu spongieux du poil et de ceux qu'il peut absorber continuellement à sa base.

La coloration des poils éprouve des variations remarquables, suivant les parties du corps, les âges de la vie et les saisons. Chez les chevaux, les porcs, les bœufs et les chiens tachetés de noir et de blanc, les poils sont noirs dans les places où la surface externe de la peau est noire, et ils ont les autres couleurs sur tous les points qui ne sont pas noirs. Le pigment noir apparaît dans le poil comme dans la corne, au niveau des points où la surface dermoïde est elle-même recouverte de pigment. Chez certains animaux, les poils, au lieu d'offrir une teinte uniforme dans toute leur longueur, se montrent sous des nuances différentes aux divers points de leur étendue, ce qui s'explique par les différences de teintes des pigments qui se forment aux diverses périodes de l'accroissement. Plusieurs d'entre eux portent dans leur jeune âge un pelage différent de celui qu'ils devront avoir plus tard, comme on le voit pour le faon, le marcassin, les jeunes porcs, entretenus par grandes troupes dans quelques parties de l'Amérique; d'autres, et le nombre en est considérable, prennent en vieillissant une robe un peu différente de celle qu'ils avaient à l'âge adulte, comme on le voit sur les chevaux gris clair, qui finissent par devenir presque blancs, et sur ceux de certaines robes, chez lesquels il apparaît de nombreux poils blancs aux tempes et au voisinage des yeux. Enfin beaucoup sont remarquables par les changements de couleur que la robe éprouve suivant les saisons : on cite à ce sujet le lièvre variable, des contrées du Nord; le renne, qui est brun

en été, blanchâtre en hiver; le cerf de nos pays, dont le pelage brun perd son brillant en automne; le cerf de Virginie, qui devient cendré en hiver, de brun jaunâtre qu'il était pendant la belle saison; le daim, qui abandonne sur la fin de la belle saison son pelage fauve, tacheté de blanc, pour une robe brune uniforme. Nos animaux domestiques eux-mêmes n'ont pas leur pelage d'hiver d'une nuance exactement semblable à celle de leur robe d'été; néanmoins, quelques espèces entretenues dans les ménageries, notamment celles qui viennent des contrées chaudes, conservent un pelage d'une nuance invariable (1).

La plupart des productions pileuses éprouvent une mue périodique au retour de la belle saison, aussi bien chez les animaux domestiques que chez les espèces qui vivent à l'état sauvage; celles qui ne tombent point sont, sur les solipèdes, les crins de la queue, de la crinière, du toupet, les poils des lèvres, des ailes du nez, de la plus grande partie de la face et ceux de l'extrémité inférieure des membres, à partir du genou et du jarret.

Cette mue périodique peut être prévenue par une tonte opérée périodiquement. Les chevaux qu'on prend l'habitude de tondre en hiver ne semblent plus éprouver leur mue habituelle, et c'est probablement par le fait de cette opération que le mouton fait exception à la règle ordinaire, à la généralité des mammifères; car, au rapport de M. Roulin (2), la laine des moutons américains, qui ne sont pas tondus au moment convenable, se feutre, se détache par plaques et se trouve bientôt remplacée par un poil court, brillant, analogue à celui de la chèvre, et qui, pour toujours, tiendra la place de la laine.

Le travail de formation, de croissance et de renouvellement des poils est modifié à un haut degré par les influences extérieures, surtout celles qui tiennent au climat. Plusieurs espèces propres aux contrées chaudes, comme l'éléphant, l'hippopotame, le rhinocéros et les tapirs, ont la peau nue; d'autres espèces, qui vivent dans ces mêmes contrées, ont le pelage moins long et moins serré que leurs analogues qui habitent les régions du Nord. Le bœuf américain, qui, sur les hautes montagnes, est couvert d'un poil serré très long, n'a plus qu'un poil rare et fin dans les plaines voisines de l'équateur, et s'y trouve même quelquefois à peu près nu. Le porc, dont les soies sont si rares et si rudes, acquiert sur les Andes un poil crépu, serré et même parfois, à la base de celui-ci, « une espèce de laine. » Les races de chevaux ont, dans les pays humides, des poils longs et grossiers aux extrémités, et des poils plus courts et plus fins dans les contrées chaudes, ce qui, du reste, est en parfaite harmonie avec l'état des productions cornées.

La plupart des modifications relatives au développement, à la chute, à la reproduction des poils et aux variations que peuvent éprouver leurs propriétés physiques dépendent du degré et du mode de vitalité de la peau en général et de celui du bulbe en particulier. Les changements produits avec rapidité dans la partie du poil déjà formée résultent sans doute des modifications que subissent les sécrétions cutanées et l'imprégnation de la substance du poil par les fluides qui paraissent parvenir et se déplacer dans sa partie centrale ou médullaire. Les changements de couleur dans une partie du poil peuvent tenir à ce que, pendant une certaine période de l'ac-

(1) Voyez l'*Histoire naturelle des mammifères*, par Geoffroy Saint-Hilaire et Fr. Cuvier.
(2) *Mémoires des savants étrangers*, 1825, t. VI, p. 319.

croissement, il se forme dans le bulbe plus ou moins de cellules pigmentaires ou de ce que le poil fixe ou non des matières grasses colorées.

Les plumes, si remarquables par la variété de leurs formes et de leurs couleurs, sont produites suivant un mode analogue à celui des poils, mais beaucoup plus compliqué.

Dans les premiers temps de sa formation, la plume est incluse tout entière dans un follicule cutané, oblique et fermé. A l'intérieur du follicule existe une gaîne allongée, tapissée par deux membranes striées et renfermant une pulpe molle, demi-fluide, aux dépens de laquelle doivent se former successivement les diverses parties de la plume. Peu à peu la gaîne et son contenu s'allongent, cette gaîne perce l'épiderme et devient exubérante à la surface de la peau; bientôt la gaîne s'ouvre à son tour pour laisser sortir la pointe de la plume; celle-ci croît continuellement à sa base par addition de nouveaux éléments qui se juxtaposent à ceux dont la formation est plus ancienne. Quand la tige qui supporte les barbes a acquis toute sa longueur, le tuyau se forme, acquiert de la consistance et une longueur de plus en plus considérable; lorsqu'il vient à se rétrécir à sa base, la pulpe, jusqu'alors très vasculaire, se resserre, perd sa teinte rougeâtre, devient jaune; sa partie fluide disparaît, laissant au centre du canal une membrane transparente divisée par des cloisons transversales en une série de larges cellules. A ce moment, la gaîne est unie à la face externe du tuyau, et le développement de la plume est achevé (1).

L'évolution de la plume, assez compliquée quant à la forme, est au fond à peu près semblable à celle des poils. Schwann a vu que les matériaux dérivés de la pulpe s'organisent en cellules dont les plus extérieures s'allongent et se transforment en fibres, et dont les plus intérieures, celles de la substance médullaire de la tige, conservent même leur noyau pendant un certain temps.

Les plumes, de même que les poils, éprouvent une mue périodique dont les caractères offrent quelques variations parmi les diverses familles d'oiseaux : il y a d'abord une première mue dans le jeune âge, qui substitue le plumage caractéristique de l'espèce au plumage de livrée; puis il y a chaque année, en automne et au printemps, un renouvellement d'un certain nombre de plumes et quelquefois même de la presque totalité de ces productions, comme on le voit pour nos oiseaux de basse-cour. La régénération des plumes, spontanément tombées, s'opère comme celle des plumes arrachées aux diverses époques de leur développement : il se forme d'abord une nouvelle gaîne et une nouvelle pulpe, et la plume s'y produit et s'y accroît absolument comme celle qui l'avait précédée. Au moment de ces mues et dans leurs intervalles, la couleur du plumage change très notablement, comme les naturalistes en ont fait depuis longtemps la remarque. En hiver, dit Aristote (2), le merle devient roux, de noir qu'il était; la grive, qui, en été, porte des taches autour du cou, prend vers la saison des froids la couleur de l'étourneau; la huppe a aussi le plumage changeant, comme le témoignent les vers d'Eschyle; le lagopède, fauve en été, devient blanc en hiver. De même aussi, beaucoup d'oiseaux

(1) Voyez Fr. Cuvier, *Mémoires du Muséum*, 1826, t. XIII; Dutrochet, *Mémoires anatomiques et physiologiques sur les végétaux et les animaux*. Paris, 1837, t. II.

(2) *Histoire des animaux*, livre IX, p. 637 et suiv.

prennent, à l'âge adulte ou dans la vieillesse, un plumage différent de celui qui leur appartenait d'abord : le jeune cygne, d'abord gris dans sa jeunesse, devient d'une blancheur remarquable ; le goëland à manteau noir, qui, dans le jeune âge, est tacheté, devient blanc ; le grèbe huppé ne prend sa huppe noire qu'à un certain âge ; le pygargue, l'autour de Cayenne, plusieurs vanneaux, le petit plongeon, les mouettes et beaucoup d'autres oiseaux, éprouvent de tels changements dans le plumage, que souvent on a pris pour des espèces différentes des individus aux divers âges de la vie.

Les dents sont d'autres productions qui, sous beaucoup de rapports, se rapprochent de la corne, des poils et des plumes.

Elles se développent chacune dans un follicule qui primitivement s'ouvre à la surface de la muqueuse buccale, et qui, plus tard, se ferme complétement. Ce follicule porte sur son fond une papille molle, pulpeuse, diversement configurée, très riche en vaisseaux et en nerfs, papille destinée à former la substance éburnée ou tubuleuse de la dent, qui se moule exactement à sa surface. Toute la face interne du follicule est tapissée d'une pellicule mince qui offre des saillies et des creux analogues à ceux que présentera la dent une fois formée : c'est cette couche membraneuse qui est affectée à la production de l'émail. Lors de la formation de la dent, la pulpe donne naissance de dedans en dehors à des couches de substance éburnée, qui répètent exactement la configuration extérieure de la pulpe ; en même temps la surface interne du follicule verse, à l'extérieur de la masse éburnée, des couches d'émail dont l'épaisseur augmente d'une manière progressive. Les micrographes pensent que la partie principale de la dent dérive des cellules à noyaux et à nucléoles, dont la pulpe dentaire est composée dès le principe.

L'ivoire de la dent dérivé de la papille est formé de petits tubes ou de fibres tubuleuses à peu près parallèles les uns aux autres, et ouverts, d'une part, dans la cavité dentaire, d'autre part, en dessous de la couche d'émail. Ces fibres, souvent divisées vers leur extrémité périphérique, laissent entre elles des espaces remplacés par une substance intermédiaire dans laquelle se montrent quelques corpuscules rayonnés, analogues à ceux des os, mais moins bien caractérisés.

L'émail est constitué seulement par de petites aiguilles tubuleuses, prismatiques, disposées en plusieurs couches perpendiculaires à la surface externe de l'ivoire, à peu près comme les filaments du velours sur la trame de ce tissu.

Enfin le cément, disposé en couches plus ou moins épaisses en dehors des racines, dans leurs intervalles, en divers points de la partie libre, et dans la cavité encore plus ou moins remplie de pulpe, paraît avoir, d'après les observations de Retzius, la texture intime de la substance osseuse, dont il possède les canalicules et les corpuscules rayonnés caractéristiques.

Ces trois parties constitutives de la dent ont, d'après les analyses de M. Lassaigne, de Berzelius et de M. Fremy, à peu près la même composition chez les animaux que chez l'homme. Ce dernier chimiste a reconnu, comme ses prédécesseurs : 1° que l'émail des dents, sans analogie avec la substance osseuse, renferme seulement 2 à 3 centièmes de matière organique, 3 à 4 centièmes de carbonate calcaire, une forte proportion de phosphate de chaux, du fluorure de calcium, de la magnésie et des sels alcalins ; 2° que l'ivoire est à peu près semblable aux os, dont il diffère seulement

NOMS DES PARTIES DE LA DENT.	CENDRES.	PHOSPHATE DE CHAUX.	PHOSPHATE DE MAGNÉSIE.	CARBONATE DE CHAUX.
Dent d'un bœuf (ivoire). . .	74,8	70,3	4,3	2,2
Dent d'un bœuf (émail). . .	96,9	90,5	trace.	2,2
Dent d'un bœuf (cément). .	67,1	60,7	1,2	2,9

par un faible excédant de phosphate de chaux et de magnésie ; 3° que le cément a, dans le bœuf, par exemple, exactement la même composition que les os.

L'accroissement de la dent a lieu, de même que celui des poils, de la base vers l'extrémité libre, mais il ne s'effectue que dans des limites assez restreintes. Dans les incisives et les canines, dont la racine simple est cylindrique ou légèrement conoïde, les parties de nouvelle formation ne changent point la forme primitive de la dent. Dans les molaires, au contraire, la configuration de la partie enchâssée se modifie très sensiblement. Chez les solipèdes, la dent, au lieu de conserver à sa base la forme primitive d'un prisme quadrangulaire cannelé sur ses faces, se découpe en trois ou quatre racines coniques creuses recevant chacune un prolongement de la pulpe. Dans ces trois espèces de dents, dont la racine se rétrécit à son extrémité, la pulpe est progressivement resserrée et éprouve une sorte de compression qui, à la longue, devient un obstacle à l'accroissement : aussi, celui-ci finit par s'arrêter, bien que l'usure continue. Il n'y a d'exception à cet égard que pour les incisives des rongeurs, et particulièrement des lapins, incisives dont l'accroissement continue pendant toute la durée de la vie, comme l'ont démontré les nombreuses recherches de M. Oudet (1), et cela, en raison du diamètre uniforme de l'incisive dans tous les points de sa longueur.

Le renouvellement des dents s'opère par la formation d'un nouveau germe ou d'une nouvelle capsule de même structure que celle qui avait donné naissance à la dent caduque. Cette capsule, placée en arrière de la dent primitive pour les incisives, et en dessous pour les molaires, prend peu à peu du développement, et à mesure que la dent nouvelle qu'elle contient augmente de volume, la pulpe et la racine de la première éprouvent une compression qui en détermine l'atrophie graduelle. Une fois que la dent nouvelle a acquis une certaine longueur, elle sort de sa capsule percée et vient se montrer à l'extérieur, soit en perforant la maxillaire et la muqueuse buccale, comme le font les incisives, soit en soulevant par sa face libre la dent ancienne, qui ne tarde pas à tomber, comme cela a lieu aux dents molaires. Cependant, ce mode d'éruption des dents nouvelles n'est pas le même chez tous les animaux. Chez l'éléphant, par exemple, qui n'a à la fois que quatre molaires de chaque côté, deux en haut et deux en bas, les molaires nouvelles se développent en arrière des anciennes, qu'elles poussent obliquement en avant à mesure qu'elles

(1) *De l'accroissement continu des incisives chez les rongeurs et de leur reproduction.* Paris, 1850, in-8°.

arrivent au niveau de la table de frottement, et leur éruption est tellement réglée, qu'il n'y a jamais plus de quatre molaires pour les deux mâchoires du même côté (1).

CHAPITRE XLVII.

DE LA REPRODUCTION.

Le travail par lequel se forment et s'entretiennent les diverses parties de l'organisme peut, en se modifiant dans certaines conditions normales ou accidentelles, reproduire les parties détruites et opérer la réunion de celles qui ont été divisées. Tout en conservant alors ses caractères essentiels, il donne lieu à des phénomènes remarquables dont l'étude peut jeter de vives lumières sur le mécanisme de la formation primitive des tissus et des organes.

Chez les animaux inférieurs, la régénération des parties détruites s'effectue dans des limites infiniment plus étendues que chez ceux qui occupent les rangs élevés de la série zoologique. Le polype, divisé en deux moitiés, donne naissance à deux polypes dont chacun reproduit la moitié qui lui manque. La planaire, fractionnée en plusieurs segments, donne lieu à autant de planaires dont chacune régénère ce qui lui fait défaut pour constituer un individu complet. Les annélides, divisées transversalement, peuvent reproduire un assez grand nombre des anneaux enlevés. Les astéries reproduisent leurs rayons ; les mollusques, une partie de leur tête ; les crustacés, les arachnides, leurs pattes; les lézards et les salamandres, leur queue, une partie des doigts. Mais chez les oiseaux et les mammifères, la régénération, extrêmement bornée, ne porte plus que sur des parties simples et tout à fait élémentaires, comme sur des parties plus ou moins grandes d'os, de muscles, de nerfs, de peau, etc., soit à la suite d'une destruction spontanée, soit par le fait d'une lésion accidentelle.

Dans le tissu osseux, la régénération s'effectue avec assez de rapidité. Lorsque les bois des ruminants sont tombés, le tubercule frontal où la séparation s'est effectuée offre une surface grenue qui laisse exsuder une lymphe coagulable. Bientôt cette surface se recouvre d'une peau noirâtre qui se continue avec celle du bourrelet circonscrivant la base du tubercule. Au-dessous de cette peau de nouvelle formation, à la face interne de laquelle se développerait, d'après Cuvier, un périoste très vasculaire, il s'élève un prolongement osseux, d'abord mou, et dont la consistance augmente graduellement. Ce prolongement s'accroît très vite, se divise pendant que la peau qui le recouvre suit un accroissement proportionnel et qu'elle se recouvre de poils semblables à ceux des autres parties du corps. Une fois le bois arrivé à son développement complet, la peau se fendille, se détache en lanières qui se dessèchent et finissent par tomber, en laissant à nu un ornement dont la substance a exactement la constitution

(1) Consultez, pour les détails sur ce point, G. Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édit. ; Fr. Cuvier, *Dents des mammifères*, Paris, 1821 ; E. Rousseau, *Anatomie comparée du système dentaire*, Paris, 1827 ; Oudet, ouv. cit.

chimique de tous les autres os, bien qu'il n'en ait pas l'aspect et les autres caractères extérieurs. Cette excroissance osseuse, mise à découvert, se ramollit au point où s'arrête le bourrelet cutané, et elle tombe vers la fin de l'hiver ; puis il se forme des bois nouveaux qui prennent déjà en avril de 1 à 2 décimètres, et au commencement de juin 3 à 4 décimètres de longueur ; ces bois, au mois d'août, se dénudent complétement, un peu plus tôt ou un peu plus tard, suivant l'âge, l'espèce des animaux et les conditions de leur existence. Les mâles qui ont subi la castration conservent toujours les bois qu'ils possédaient alors, comme F. Cuvier en a fait l'observation sur le renne.

La mortification, et par suite, l'exfoliation et la chute complète de la peau qui recouvre le bois pendant toute la durée de sa croissance, résultent, d'après Cuvier, de la compression et de l'oblitération des vaisseaux par les saillies osseuses développées à la base du bois et au niveau du bourrelet. Mais la chute de la peau n'est point la cause prochaine ou éloignée de la chute du bois, car celui-ci peut, sans tomber, demeurer dénudé pendant plusieurs années et même pendant toute la vie de l'animal ; cette cause réside uniquement dans le travail de ramollissement qui, à la fin de l'hiver, s'établit au niveau du bourrelet cutané entre le bois et le tubercule frontal qui le supporte, travail analogue, jusqu'à un certain point, à celui qui opère la séparation d'une partie mortifiée d'avec celles qui demeurent vivantes.

La reproduction des parties osseuses accidentellement détruites s'opère aussi, dans de certaines limites, avec assez de facilité. Les expériences de M. Flourens ont appris que, sur de jeunes animaux, des portions de côtes, la tête de l'humérus, l'extrémité inférieure du radius se reproduisaient, pourvu que le périoste fût laissé intact ; elles ont montré que ces parties se régénéraient même, mais avec plus de lenteur, après la destruction simultanée du périoste ; car celui-ci doit, dans ce dernier cas, se régénérer d'abord pour opérer la reproduction de l'os. Les os longs dont la membrane médullaire a été détruite, meurent, et autour de l'os ancien privé de vie, le périoste produit un os nouveau. Enfin, lorsqu'un os est fracturé, le périoste et le tissu cellulaire environnant se gonflent et laissent exsuder autour de la fracture un plasma qui s'épaissit et devient cartilagineux, puis osseux, tandis que dans le canal médullaire un pareil épanchement s'effectue et éprouve les mêmes transformations. Le cal provisoire, ainsi constitué, permet aux extrémités osseuses de se réunir à leur point de contact, puis, cette réunion définitive consolidée, le cal provisoire, tant externe qu'interne, se résorbe peu à peu pour rendre à l'os sa configuration primitive, si toutefois la coaptation des parties a été parfaite.

Tous ces phénomènes de régénération des os sont remarquables en ce que le travail par lequel ils s'opèrent est essentiellement le même que celui de l'ossification normale ou de la formation primitive des os ; car toutes les parties osseuses de nouvelle formation passent par les phases de l'ostéogénie fœtale et acquièrent tout à fait les propriétés physiques, la composition chimique et la structure intime qui appartiennent au tissu osseux (1).

Les cornes frontales, les ongles, les sabots, les châtaignes et les ergots des solipèdes, les poils, les plumes et l'épiderme, détruits ou arrachés, se reproduisent

(1) Voyez à ce sujet Cuvier, *Anatomie comparée*, t. I, p. 125 ; Flourens, *ouv. cit.*, p. 6, 37, 50, 66 et suiv. ; Lebert, *Annales de chirurgie*, t. X, etc.

aisément. La matière épidermique, exhalée à la surface du derme, y prend très vite l'organisation propre aux couches détachées ; les tissus sous-cornés, mis à nu, se recouvrent promptement d'une couche nouvelle, très molle, constituée par les mêmes éléments que la corne ancienne ; le poil et la plume arrachés ne tardent pas à être remplacés par un nouveau poil ou une nouvelle plume formés dans le follicule ancien demeuré intact.

Tous les tissus qui ont éprouvé une perte de substance peuvent la réparer, et tous les tissus divisés peuvent se réunir par l'intermédiaire d'un tissu de nouvelle formation plus ou moins analogue, sous le rapport de la texture et des propriétés, à celui des parties qu'il réunit. Dans cette circonstance, lorsque les vaisseaux lésés, par suite de leur resserrement propre ou de la compression qu'exercent sur eux les bords de la plaie, cessent de donner du sang, la surface de la solution de continuité exhale une lymphe coagulable, ou un plasma analogue à celui que les capillaires sanguins laissent échapper à travers leurs parois pour la nutrition des parties. Dans ce plasma qui s'épaissit, se développent des cellules, et ces cellules donnent naissance à des vaisseaux, de la même manière que dans l'albumine de l'œuf pendant le travail de l'incubation ; enfin, cette matière nouvelle continue à s'organiser aux dépens du plasma d'après un mécanisme analogue à la formation normale des tissus dans la nutrition. Seulement, si la plaie suppure, sa surface recouverte de bourgeons charnus laisse exhaler un liquide albumineux dans lequel se trouvent des globules pourvus d'un noyau et d'un diamètre supérieur à celui des globules sanguins. C'est pendant la sécrétion purulente que se développent à la surface de la plaie et dans sa couche superficielle, les éléments de nouvelle formation des tinés à réparer la substance détruite, ou simplement à réunir les parties divisées. Ce travail de réparation ou de cicatrisation se modifie un peu suivant les tissus où il s'opère.

Dans le tissu cellulaire, la puissance de reproduction est portée à son plus haut degré, comme le démontre l'observation de tous les jours ; aussi, la cicatrisation y est-elle très facile. Dans les séreuses, qui sont cependant si peu vasculaires, elle y jouit d'une activité non moins remarquable, mise en évidence par les adhérences qui s'établissent fréquemment entre les feuillets correspondants du péritoine, de la plèvre, et au niveau des plaies qui intéressent le sac de ces membranes. Les tissus fibreux blanc et jaune, quoique analogues sous plusieurs rapports avec le cellulaire et le séreux, réparent plus difficilement leurs pertes, comme on le voit par la lenteur de la cicatrisation des plaies que l'opérateur fait aux expansions tendineuses du pied des animaux, néanmoins, la cicatrisation des tendons fléchisseurs coupés transversalement se fait encore assez vite, bien qu'il y ait un écartement considérable entre les parties divisées.

Divers tissus, tels que les ligaments, les muscles et les nerfs, réparent leurs pertes accidentelles par l'intermédiaire de parties nouvelles qui n'acquièrent jamais la structure et les propriétés de ces tissus. Ainsi, la muqueuse de la langue, souvent divisée chez le cheval, avec la moitié supérieure de l'organe, par l'action de la longe ou par celle de liens passés dans la bouche, ne présente point sur sa cicatrice les papilles qui se voient ailleurs. La muqueuse des canaux salivaires, biliaire, pancréatique, cicatrisée à la suite de fistules, et même de section transversale complète du con-

duit, ne semble pas offrir exactement les mêmes caractères au niveau de la cicatrice que dans le reste de son étendue. La muqueuse utérine des ruminants, dans les points où des cotylédons ont été accidentellement détruits, offre des cicatrices luisantes sans follicules. Enfin, nulle part on n'a constaté la régénération des papilles, des villosités ni des follicules dans les parties de muqueuse détruites. Cependant, nous verrons que la muqueuse utérine de certains animaux se trouve, à cet égard, dans des conditions tout à fait exceptionnelles. Le tissu de la peau, de même que celui des muqueuses, ne se régénère point par des parties similaires. Ses cicatrices diffèrent des autres parties du tégument par leur aspect, leur couleur, leur degré de vitalité ; le pigment ne s'y montre pas, si ce n'est au bout de longues années, et on n'y voit ni follicules sébacés ni productions pileuses. La peau modifiée du bourrelet et du tissu villeux du pied reproduit pourtant ses papilles lorsqu'elles ont été excisées ou détruites par les caustiques, et ces papilles nouvelles jouissent, comme celles qu'elles remplacent, de la propriété d'engendrer la substance cornée.

Les muscles divisés se réunissent par un tissu qui n'a rien de contractile, c'est-à-dire par une sorte de tissu fibreux blanc qui forme une véritable intersection si le muscle est coupé en travers, intersection qui ne modifie en rien la fonction du muscle ; en aucun cas, il ne semble se former dans son épaisseur des fibres musculaires pour rétablir la continuité des fibres divisées.

La substance des centres nerveux, enlevée en certaine proportion, ne se reproduit pas avec ses caractères normaux, bien que les plaies s'y guérissent aisément et que les solutions avec perte se remplissent d'une matière de nouvelle formation; mais le tissu du nerf paraît, jusqu'à un certain point, susceptible de se régénérer. D'abord, il n'est pas douteux que les nerfs divisés transversalement et d'une manière complète, se réunissent même quand il y a perte de substance, pourvu toutefois que les bouts du nerf se trouvent assez rapprochés l'un de l'autre. Tiedmann, après avoir coupé toutes les branches nerveuses du plexus brachial, dans la région axillaire, a vu la sensibilité et le mouvement se rétablir peu à peu dans le membre paralysé, et si bien, qu'au bout de vingt mois, l'animal pouvait se servir de ce membre comme auparavant. Schwann a noté que les grenouilles auxquelles il avait coupé les nerfs sciatiques vers le milieu de la cuisse, pouvaient, au bout de quelques mois, sauter aussi bien que dans les conditions normales. Dans ces circonstances, le tissu de nouvelle formation jouit d'une faculté conductrice évidente, car le nerf incisé au-dessus de la cicatrice détermine des contractions dans les parties où il se rend, et sa partie inférieure, irritée à son tour, envoie aux centres une impression douloureuse. De plus, après un laps de temps assez long, il se développe dans la cicatrice des fibres nerveuses qui, à leurs extrémités, se continuent sans interruption avec les extrémités des fibres du nerf primitivement divisé. Les observations faites par Schwann sur la grenouille ne laissent aucun doute à cet égard. Si Müller n'a pas constaté nettement la formation de nouvelles fibres nerveuses entre les bouts des nerfs divisés, c'est probablement parce qu'il examinait trop tôt le tissu de cicatrice après la section.

LIVRE NEUVIÈME.

DES SÉCRÉTIONS.

Quelques organes de l'économie jouissent de la faculté de former, aux dépens du sang, des produits très variés destinés, soit à maintenir en équilibre la constitution normale de ce fluide, soit à jouer un certain rôle dans l'accomplissement des fonctions. L'acte par lequel ces organes séparent du sang les éléments de ces produits, porte le nom de sécrétion. Il faut envisager ses caractères généraux avant de l'étudier dans chacune des parties où il s'effectue.

CHAPITRE XLVIII.

DES SÉCRÉTIONS EN GÉNÉRAL.

La sécrétion, réduite à ses phénomènes essentiels, constitue un acte qui a beaucoup d'analogie avec la nutrition, mais qui en diffère cependant sous plusieurs rapports. Dans l'acte de la nutrition, chaque tissu attire des matériaux de même nature que les siens, et il leur donne la forme propre à ses divers éléments. Dans l'acte de la sécrétion, le tissu glandulaire ne s'empare point exclusivement des matériaux semblables aux siens ; car il n'y a ni identité, ni même analogie de composition entre l'organe sécréteur et le produit sécrété. D'ailleurs, ces deux actes sont tellement distincts l'un de l'autre, qu'ils s'opèrent à la fois, sans se confondre, dans chaque organe sécréteur, car la glande forme aux dépens du plasma sanguin des éléments semblables à ceux dont elle est déjà composée, et de plus, elle forme aux dépens de ce même plasma des produits nouveaux destinés à être éliminés.

La sécrétion est un acte complexe qui résulte du concours de trois agents, le sang, la glande et le système nerveux.

I. Du rôle du sang dans la sécrétion.

Le fluide sanguin distribué aux organes sécréteurs leur donne tous les éléments nécessaires à la confection des produits sécrétés. Son plasma, c'est-à-dire sa solution fibrino-albumineuse et saline épanchée hors des vaisseaux et mise en dehors de la circulation, sert à la sécrétion comme il a servi à la nutrition. Une partie de ses éléments est séparée du reste, puis métamorphosée en un produit

spécial, variable suivant l'espèce d'organe où il se forme ; mais ce plasma ne renferme pas tous les principes qui se retrouvent dans les fluides sécrétés. Il renferme la cholestérine, qui doit être éliminée par le foie; les graisses et la caséine, que doivent séparer les mamelles; l'urée, que séparent les reins; la matière colorante jaune qui teint le fluide des séreuses, du tissu cellulaire; et enfin, toutes les matières minérales et salines qui font partie intégrante des produits de sécrétion. Peut-être renferme-t-il beaucoup d'autres principes que l'analyse chimique n'a pu encore y découvrir à cause de leur faible quantité.

Il ne faudrait pas croire pour cela que le sang dût contenir tout ce que séparent les organes glanduleux; il ne renferme ni le mucus, ni le lait, ni le sperme, ni la bile; car ces produits complexes dérivent de métamorphoses qui s'accomplissent dans les glandes. D'ailleurs, s'il les contenait tout formés, il ne serait lui-même qu'un mélange hétérogène impropre à entretenir la vie.

Le sang distribué aux organes sécréteurs est évidemment identique à lui-même dans toutes les parties du système artériel. Depuis longtemps on a vu le néant de cette opinion des anciens, d'après laquelle le sang serait plus aéré près du cerveau, plus écumeux au voisinage des glandes salivaires, plus chargé de graisse et de principes âcres vers le foie, et de sels vers le rein. Ce fluide est toujours, à un moment donné, semblable dans les diverses parties du système artériel ; mais comme sa composition et la proportion de ses éléments varient suivant une foule de circonstances, il devient par là une cause de modifications sensibles dans les résultats du travail sécrétoire. Ainsi, ce fluide contient moins d'eau à la suite d'une transpiration abondante et d'un repas composé de fourrages secs ; il contient plus de graisse pendant la digestion, plus d'urée sous l'influence d'un régime azoté, plus ou moins de fer, de phosphates, de carbonates, de lactates, suivant la nature et l'abondance de l'alimentation ; enfin, il peut, par le fait d'un traitement, contenir de l'alcool, des huiles essentielles, des alcaloïdes végétaux, du mercure, de l'iode, etc., dont l'élimination est réservée aux organes sécréteurs.

Les matériaux des fluides sécrétés, de même que ceux des tissus, proviennent du sang artériel à son passage dans le système capillaire ; mais ils peuvent quelquefois aussi dériver du sang veineux, comme le foie de tous les animaux et les reins des ovipares nous en donnent un exemple. Alors le sang veineux est distribué dans les capillaires de ces glandes de la même manière que le sang artériel ; son plasma, qui a la même nature que le plasma du sang vermeil, s'échappe également bien à travers les parois vasculaires, et peut y éprouver des métamorphoses semblables à celles qu'éprouve celui du sang artériel. Toutes les dissertations des anciens physiologistes sur la question de savoir si le sang veineux pouvait ou non servir aux sécrétions, sont sans portée ; car le plasma sanguin employé au travail sécréteur est le même dans les deux sangs, et il s'échappe à travers les capillaires, dans lesquels il passe de l'état artériel à l'état veineux.

Le sang agit diversement sur les organes sécréteurs suivant le degré d'excitation que leur communiquent l'abondance et la rapidité de son afflux, enfin, suivant sa composition actuelle. Mais lorsque la masse sanguine est considérable, toutes les sécrétions sont plus actives, et lorsqu'elle est diminuée par le fait de l'abstinence ou de toute autre cause, elles deviennent languissantes. Quand le sang est porté en

abondance à la muqueuse gastrique, à la muqueuse intestinale, à la peau, les exhalations de ces membranes augmentent d'activité. Lorsque les principes étrangers se sont introduits dans le sang, l'activité des organes sécréteurs redouble pour en déterminer l'évacuation ; les voies aériennes donnent issue aux spiritueux, la muqueuse intestinale aux gaz fétides, la muqueuse gastrique au prussiate de potasse, le rein aux résines, à la cantharidine, au nitre ; les glandes salivaires au mercure, etc.

Le mode suivant lequel les artères distribuent le sang dans les organes sécréteurs peut avoir une influence réelle sur le travail de la sécrétion. Il est à croire, comme on le pense généralement, que la longueur et les flexuosités des artères testiculaires, la brièveté des artères rénales, ne sont pas sans importance ; mais on ne sait en quoi peut constituer l'influence de telles dispositions.

II. Du rôle des glandes dans la sécrétion.

L'une des actions les plus merveilleuses de l'organisme est, sans contredit, celle qui forme aux dépens d'un même fluide un grand nombre de produits très différents les uns des autres par leurs propriétés physiques, leur constitution chimique, et le rôle qu'ils sont appelés à remplir dans l'accomplissement des fonctions. Pour se faire une idée du mode suivant lequel s'opère ce travail intime de la sécrétion, il importe tout d'abord de saisir ce qu'il y a d'essentiel et de général dans la texture des organes sécréteurs. Sans cette connaissance préalable, il est impossible de concevoir nettement, sinon le mécanisme des sécrétions, du moins les conditions dans lesquelles elles peuvent s'effectuer.

Il est dans l'organisme un très grand nombre de parties qui jouissent de la faculté de sécréter. La peau, les muqueuses, les séreuses, le tissu cellulaire, les vésicules adipeuses, les glandes salivaires, le foie, le pancréas, les reins, les testicules, les mamelles, le poumon, les corps thyroïdes, le thymus, la rate, les capsules surrénales, sont les agents de sécrétions très variées. Ces parties, qui paraissent très différentes les unes des autres par leur texture, avaient été divisées autrefois en trois groupes comprenant, le premier, les exhalants, le second, les follicules, et le troisième, les glandes ; néanmoins, elles ont toutes, en dernière analyse, une organisation commune qui devient évidente quand on les considère dans les divers degrés de la série animale, et lorsqu'on étudie au microscope leurs éléments essentiels.

L'organe sécréteur le plus simple est la lamelle mince et transparente du tissu cellulaire, libre sur toutes ses faces, et continuellement humectée du fluide qu'elle exhale. Cette membranule, très mince, qu'elle soit constituée par une matière amorphe, ou qu'elle résulte de la réunion de fibres ou de cellules, peut, en se modifiant, donner naissance à tous les autres organes sécréteurs. Que cette membranule soit repliée sur elle-même de manière à constituer une petite vésicule close, elle formera les cellules adipeuses, les cellules pigmentaires, les cellules du foie, du thymus, de la rate, des corps thyroïdes, lesquelles sécrètent et rassemblent dans leur cavité de la graisse, des matières colorantes, de la bile, et des matières de na-

ture encore indéterminée. Que l'on dilate par la pensée ces vésicules, qui sont de véritables séreuses microscopiques, on obtiendra les synoviales, tendineuses, articulaires, et enfin les grandes séreuses splanchniques, telles que la plèvre et le péritoine. D'autre part, que si, au lieu de plier la membranule en une cellule fermée, on la roule sur elle-même de manière à lui donner la forme d'un petit tube, on composera le rudiment d'un autre ordre d'organes sécréteurs, car si ce tube, ouvert à l'une de ses extrémités, est allongé indéfiniment, ramifié en divers sens, et replié sur lui-même, on obtiendra la glande la plus compliquée, c'est-à-dire une glande telle que la parotide, le rein, le foie ou le testicule.

L'étude comparative des divers organes glanduleux de l'économie, soit dans la série animale, soit aux diverses phases de la vie embryonnaire, démontre en effet que la glande est une cellule ou un tube. La cellule est plus ou moins grande et de forme variée; elle est complétement close ou quelquefois percée d'une ouverture; le tube est simple et court comme les tubes glanduleux de l'estomac et de la muqueuse intestinale; il est allongé comme le cœcum pylorique des poissons; enfin, il est ramifié comme les tubes des insectes, ramifié et pelotonné comme ceux des testicules et du rein des animaux supérieurs. Toutes les différences qui existent entre les cellules et les tubes glandulaires tiennent aux formes, aux dimensions de ces parties élémentaires et aux variétés qui résultent de leur association avec le tissu conjonctif, avec les vaisseaux sanguins ou lymphatiques, et avec les nerfs. Leur étude sommaire fait voir clairement qu'elles ne portent que sur des dispositions accessoires.

En envisageant les glandes uniquement au point de vue de leur structure, on peut les diviser en trois ordres : les vésiculaires, les tubulaires et les mixtes, ou celles qui sont à la fois formées de cellules et de tubes.

Les glandes vésiculaires sont l'ovaire, le corps thyroïde, la rate et le thymus. Leur substance propre est constituée par des cellules complétement closes, de forme variable. Ces cellules se rompent comme celles de l'ovaire pour donner issue à leur contenu, ou bien, restant toujours fermées, elles le laissent échapper par une sorte de transsudation. La complication apparente de la plupart des glandes de cette catégorie tient à l'association de cellules sécrétoires avec des éléments étrangers, conjonctifs, vasculaires et nerveux.

Les glandes tubulaires sont les glandes de Galeati dans l'estomac et l'intestin, les glandes sudoripares, les prostates, le pancréas des poissons, les reins, les testicules, et la plupart des glandes des invertébrés, notamment celles des insectes. Ces tubes sont simples, droits ou légèrement sinueux dans la muqueuse gastro-intestinale, où ils forment chacun une petite glande distincte ayant un orifice particulier. Ils sont en cœcum dans beaucoup de glandes chez les insectes, ramifiés, arborisés et pelotonnés sur eux-mêmes dans d'autres glandes de ces invertébrés; ils sont en partie droits et en partie sinueux dans les reins, anastomosés les uns avec les autres sous forme de réseau dans les testicules.

Enfin, les glandes mixtes, telles que les glandes salivaires, le foie et les mamelles, sont constituées par des tubes annexés à des vésicules formant, soit des dilatations en cul-de-sac des canaux les plus déliés, comme à la parotide, soit des amas plus ou moins considérables en dehors des canaux ou à leur face interne.

Les rapports qui peuvent exister entre les éléments glandulaires, quels que soient leurs formes et les vaisseaux sanguins qui leur apportent les matériaux de la sécrétion, sont très variés, suivant l'espèce de glande et la disposition propre de ses tubes ou de ses cellules. Ruysch, s'appuyant sur ses inimitables injections, avait cru que les artères déliées se terminaient par des bouches béantes à la surface des membranes sécrétantes ou dans l'intérieur des canalicules sécréteurs, de telle sorte que, d'après ses idées, les canaux excréteurs communiqueraient directement avec les vaisseaux qui apportent les matériaux des produits sécrétés, et beaucoup d'auteurs, considérant que les matières injectées dans les artères intestinales viennent sourdre à la surface de la muqueuse, que celles de l'artère hépatique passent souvent dans les canaux biliaires, celles des artères rénales dans le bassinet du rein et dans les tubes urinifères, beaucoup d'auteurs, dis-je, ont cru à cette communication, dont les hémorrhagies glandulaires semblaient encore prouver l'existence. Mais ces communications n'existent nulle part. Partout le système vasculaire forme un ensemble de voies parfaitement closes. Dans toutes les parties les dernières artérioles se continuent, avec les premières veinules, par l'intermédiaire d'un réseau de capillaires. Nulle part on n'a vu à ces artérioles, à ces veinules ni à ces capillaires, aucune ouverture susceptible de laisser échapper le sang. Si les matières sont poussées avec force dans certains vaisseaux, c'est parce qu'elles les déchirent ou parce qu'elles transsudent à travers les parois de ces derniers, qu'elles pénètrent dans les canaux excréteurs, comme le font la cire et le suif, qui teints par le noir de fumée et injectés par les artères, viennent remplir les bronches et la trachée, après avoir filtré et s'être décolorés à travers les vaisseaux pulmonaires et les membranes des canaux aériens. Enfin, si, dans certaines circonstances, le sang est exhalé dans le rein et dans l'intestin, c'est en se frayant des passages à travers les parois des petits vaisseaux. En un mot, il n'y a nulle part de communication entre les vaisseaux sanguins et les cellules ou les tubes des organes sécréteurs. Conséquemment, les matériaux des produits de sécrétion ne peuvent être versés directement dans l'intérieur des cavités glandulaires.

Les organes sécréteurs ne sont donc, en dernière analyse, que des membranules minces et déliées formant de petites cavités vésiculaires ou tubuleuses. Les parois de ces vésicules ou de ces tubes sont les agents de l'élaboration des liquides, et la cavité de ces petits organes est destinée à recevoir ces fluides modifiés, jusqu'au moment de leur élimination. Comme les vaisseaux sanguins forment de simples réseaux qui enlacent ou qui entourent les éléments glanduleux, ils se comportent à l'égard de ces parties comme ils le font pour toutes les autres. Le plasma s'en échappe à travers des porosités invisibles; il vient baigner extérieurement chaque cellule et chaque tube glanduleux de la même manière qu'il baigne chaque cellule, chaque fibre ou chaque particule de la substance des autres tissus. Or, ce même plasma, aux dépens duquel chaque partie prend pour sa nutrition les éléments de nouvelles cellules ou de nouvelles fibres, ce plasma pénètre par imbibition les parois des vésicules ou des tubes glandulaires; ces parois, en vertu de leur activité propre, le modifient, le métamorphosent, et fabriquent à ses dépens des produits nouveaux.

Il suffit de réfléchir un peu à la constitution des organes sécréteurs et à la nature de leurs rapports avec les vaisseaux sanguins pour voir que dans tous les animaux,

depuis les plus simples jusqu'aux plus compliqués, ces organes sont dans des conditions identiques. En effet, chez les animaux inférieurs, qui n'ont pas de vaisseaux ou qui ont seulement des vaisseaux incomplets, les cellules et les tubes glanduleux simples ou ramifiés baignent dans le fluide nutritif, qui imprègne toutes les parties et en remplit les interstices. Chez les animaux parfaits, ces cellules et ces tubes, que les vaisseaux viennent enlacer, baignent également, non pas dans le fluide nutritif tout entier, mais dans son plasma, que les vaisseaux ont laissé échapper. Dans les deux cas, les parois des cellules et des tubes, en vertu d'une activité spéciale, se laissent pénétrer par tels principes plutôt que par tels autres; elles les associent dans un certain ordre, elles les métamorphosent enfin en un produit particulier qui, après s'être accumulé dans leur cavité, est définitivement versé à l'extérieur.

Nous savons donc maintenant que tous les organes sécréteurs, si variés dans leurs formes, si compliqués dans les détails de leur structure, ne sont, en définitive, que des membranules disposées en tubes ou en petites vésicules, et représentant par leur ensemble une immense surface. Ce sont ces tubes et ces vésicules qui métamorphosent les éléments du plasma dont ils sont imprégnés, et en fabriquent un produit de sécrétion versé dans leur cavité pour être ultérieurement éliminé; mais par quel mécanisme et sous l'influence de quelles forces s'effectue cette transformation?

Descartes (1) admettait que la sécrétion s'opérait par une sorte de filtration à travers les organes sécréteurs, qu'il supposait disposés comme des cribles; Boerhaave prétendait que cette fonction résultait du passage des éléments du sang dans une série de vaisseaux successivement décroissants; Haller l'attribuait à une transsudation, Hamberger à une précipitation des fluides effectuée dans l'ordre de leur pesanteur spécifique; Wollaston et Berzelius à un travail de décomposition électrique; mais ce sont là de pures hypothèses que l'on discutait autrefois, et sur lesquelles il est inutile aujourd'hui de s'arrêter. Il faut se borner à reconnaître les conditions dans lesquelles s'effectue le travail sécrétoire, à constater ses résultats immédiats, puisque la nature intime et les causes premières de ce travail doivent demeurer pour nous un mystère impénétrable.

La sécrétion, envisagée en elle-même, n'est autre chose qu'une double opération de séparation et de métamorphose : séparation de certains éléments du sang d'avec le reste, et métamorphose de ces éléments en un produit spécial plus ou moins compliqué. Cette double opération est effectuée par les cellules et par les tubes qui entrent dans la constitution des organes sécréteurs.

Les cellules élémentaires des glandes, baignées de toutes parts par le plasma qui s'échappe continuellement des réseaux capillaires, jouissent de la propriété d'em-

(1) Voici comment cet illustre philosophe, qui avait la prétention d'être physiologiste, s'exprime à ce sujet : « Qu'a-t-on besoin d'autre chose pour expliquer la *nutrition* et la *production des diverses humeurs* qui sont dans le corps, sinon de dire que la force dont le sang, en se raréfiant, passe du cœur vers les extrémités des artères, fait que quelques-unes de ses parties s'arrêtent entre celle des membres où elles se trouvent, et y prennent la place de quelques autres qu'elles en chassent, et que, selon la situation, ou la figure, ou la petitesse des pores qu'elles rencontrent, les unes se vont rendre en certains lieux plutôt que les autres, en même façon que chacun peut avoir vu divers cribles qui, étant diversement percés, servent à séparer divers grains les uns des autres. » (*Discours sur la méthode*, cinquième partie, édit. Jules Simon. Paris, 1850.)

prunter à ce fluide complexe des éléments variés qui pénètrent dans leur intérieur par endosmose ou par simple imbibition. Ces cellules, suivant l'épaisseur, le degré de cohésion et la nature de leurs parois, admettent certains principes et ne donnent point accès à d'autres, comme s'il y avait une affinité particulière entre la cellule d'une espèce de glande et les matériaux formateurs du produit que doit fournir cette dernière. Le fait de l'admission de certains éléments, à l'exclusion de tels autres, dans des cellules d'une espèce déterminée, est incontestable; il est des cellules qui se remplissent de graisse, d'autres de sérosité, d'autres de matières colorantes, d'autres encore des matériaux de la bile, du lait, etc. La cause de ce fait reste seule en litige.

Dans les cellules ainsi remplies, les matières admises se métamorphosent, soit d'elles-mêmes, en vertu de forces inconnues, soit par l'intervention de l'activité propre de la cellule. Ces métamorphoses peuvent être, du moins un certain nombre d'entre elles, accessibles à l'observation microscopique. Le contenu de la cellule augmente ou diminue de consistance; il se concrète dans certaines circonstances, se divise en granulations, cristallise de diverses manières ou se dissout; il demeure fluide le plus souvent, bien qu'il change de nature et de propriétés. Les recherches de divers micrographes ont appris que les cellules adipeuses n'avaient pas constamment un contenu d'apparence identique; elles ont fait voir que les cellules du foie se montraient sous des aspects variés, suivant leur âge, l'état de la digestion et les conditions de l'organisme. Les cellules spermatiques, à un certain moment, deviennent le siége d'un travail particulier, duquel résulte la formation de cellules plus petites à l'intérieur des anciennes, cellules nouvelles où se développent des filaments qui deviendront plus tard des spermatozoïdes.

La cause de ces métamorphoses des substances que les cellules ont admises dans leur intérieur, et la raison pour laquelle s'effectue telle métamorphose dans la cellule hépatique, telle autre dans la cellule spermatique, telle autre encore dans la cellule d'une glande muqueuse, sont choses actuellement introuvables. Les affinités moléculaires mises en jeu dans ces conditions nous échappent, et pourtant elles agissent sur une quantité de matière infiniment petite, enfermée dans une membranule et mise en contact avec un noyau de cellule.

Une fois que les mutations du contenu de la cellule glandulaire sont opérées, cette cellule doit restituer le produit qui s'est formé dans sa cavité; elle doit l'échanger contre de nouveaux éléments destinés à subir les mêmes transformations, ou bien, si cette cellule ne déverse pas son contenu, en conservant sa constitution propre, elle se détache, se rupture, laissant à d'autres cellules, qui se formeront après elle, le soin de continuer le travail de la sécrétion.

En effet, les cellules adipeuses restituent de la graisse lorsque le combustible respiratoire n'est plus fourni par l'alimentation en quantité suffisante; les cellules des glandes gastriques versent de la pepsine pendant la digestion, celles des glandes mucipares cèdent du mucus, etc. Et ainsi, ces cellules, qui avaient admis par endosmose les éléments du produit sécrété, les laissent échapper par exosmose, en persistant indéfiniment avec leur caractère particulier. Dans plusieurs glandes, comme le testicule, les follicules sébacés, les mamelles, d'après Henle, les cellules groupées à la face libre des canaux excréteurs se détachent et sont entraînées, soit

qu'elles s'ouvrent par une rupture analogue à la déhiscence des fruits, soit qu'elles demeurent intactes au milieu du fluide sécrété.

Le travail qui s'effectue ainsi dans les cellules peut de même se concevoir pour les canalicules des glandes tapissés constamment par des cellules, et pour les diverses membranes, car celles-ci sont recouvertes au moins d'une couche de cellules épithéliales, et d'ailleurs leur tissu n'est qu'un dérivé de cellules plus ou moins modifiées.

Les cellules et les tubes des organes sécréteurs sont donc les agents d'une opération complexe, qui consiste : 1° à admettre dans leur intérieur les éléments du produit de sécrétion, éléments qu'ils puisent dans le plasma qui les baigne ; 2° à associer ces éléments, à les métamorphoser en un produit particulier ; 3° à restituer ce produit pour être résorbé, ou bien éliminé par la voie des canaux excréteurs.

De quoi peuvent dépendre ces phénomènes, moins remarquables encore par eux-mêmes que par leurs résultats ? La pénétration de telles substances, à l'exclusion de telles autres, dans les cellules, dépend-elle de l'épaisseur des parois et de la nature de la cellule ? Les mutations subies par le contenu des cellules résultent-elles d'une sorte d'action catalytique exercée par le noyau ou par l'enveloppe cellulaire ? ou bien sont-elles spontanées et uniquement dépendantes des affinités moléculaires ? La restitution de matière effectuée par la cellule n'est-elle qu'une conséquence forcée de l'admission de nouvelles molécules qui chassent au dehors les premières ? Évidemment on ne peut présenter à cet égard que des conjectures ; car au lieu d'une opération toujours la même quant aux résultats, on a une infinité d'opérations dont les produits sont très différents les uns des autres. Ici, comme dans les combinaisons chimiques ordinaires, l'ordre suivant lequel les corps s'unissent ou se dissocient dépend d'une foule de conditions. Le mercure se combine avec l'oxygène à la température de l'ébullition du métal, et, au contraire, il s'en sépare à une température plus élevée. Le carbonate calcaire, calciné à l'air libre, se décompose, et, en vase clos, il ne subit pas d'altération. L'oxygène, qui forme avec l'azote cinq composés différents, détermine dans de certaines conditions du deutoxyde d'azote, par exemple, et dans d'autres de l'acide azotique. De même aussi, dans l'organisme, les mêmes éléments s'associent en telles proportions plutôt qu'en telles autres, et donnent ou du sucre ou de la graisse, etc., suivant les conditions où ils se trouvent lors de leur association.

Or, c'est précisément en variant les conditions dans lesquelles peuvent s'effectuer les associations et les métamorphoses des éléments, que les forces vitales obtiennent des affinités moléculaires des résultats si variés ; c'est en déterminant telles conditions parfaitement définies pour chaque glande qu'elles obligent ces affinités à donner perpétuellement naissance à des produits dont les propriétés et la composition sont d'une remarquable fixité. Ainsi, en réglant les conditions du travail sécrétoire, en limitant la sphère d'action des affinités, les puissances vitales se subordonnent les forces chimiques ; elles les enchaînent, tout en les laissant effectuer librement leurs opérations dans le cercle tracé. Quand ces conditions viennent à changer par le fait de modifications apportées à l'état du sang, de la glande, ou à l'intervention du système nerveux, la sécrétion éprouve des modifications correspondantes.

Du reste, en beaucoup de circonstances, les phénomènes intimes de la sécrétion se réduisent à une plus grande simplicité, car si les glandes ne font que remplir un office de dépuration, en séparant du sang des principes déjà tout formés dans le liquide, comme l'urée, la cholestérine, la caséine, les sels, etc., il suffit alors que, par suite de leur nature et de leurs propriétés spécifiques, les cellules ou les canalicules glandulaires admettent ces principes à l'exclusion des autres.

III. Du rôle du système nerveux dans les sécrétions.

Bordeu (1), s'affranchissant des vieilles idées qui avaient eu cours jusqu'à lui sur les sécrétions, reconnut très nettement l'influence des nerfs sur l'action des glandes. Il fit remarquer que l'excitation des nerfs provoque les sécrétions, que leur section la suspend, et qu'enfin les troubles qui peuvent survenir dans l'action nerveuse modifient le travail de ces organes. D'après lui, cette intervention aurait pour résultat d'activer considérablement l'afflux du sang dans les glandes pendant la sécrétion, en augmentant la force contractile des vaisseaux. De plus, les nerfs donneraient une sensibilité particulière aux orifices, qu'il suppose à l'origine des canaux excréteurs, et ces petits orifices, pourvus d'un sphincter contractile, s'ouvriraient ou se fermeraient, admettraient les éléments en rapport avec leur sensibilité, avec leur goût, et repousseraient les autres. Bichat (2) adopta ces idées. Il ne vit dans les glandes que la sensibilité qui choisit les éléments qui doivent constituer le produit de sécrétion, et la contractilité des excréteurs qui leur ouvre ou leur ferme les portes de ces canaux. Depuis, Brodie, Krimer, Brachet, Müller et M. Cl. Bernard, ont apporté des preuves directes de l'influence exercée par les nerfs sur les sécrétions. Cette influence dérive du système cérébro-spinal et du système ganglionnaire.

Le système cérébro-spinal exerce une action incontestable sur diverses sécrétions qu'il est facile d'étudier. On sait que l'imagination suffit chez l'homme pour faire couler des larmes, et faire affluer en plus grande abondance la salive dans la bouche. M. Cl. Bernard (3) a constaté que l'irritation du nerf lingual mettait en jeu l'activité des glandes sous-maxillaires, et j'ai fait plusieurs fois la même observation sur le cheval. J'ai vu aussi que l'irritation des filets du trifacial, accolés avec celui du facial sur le trajet du canal de Sténon, faisait couler la salive parotidienne, dont la sécrétion était auparavant suspendue. C'est cette influence qui est déterminée pour les glandes salivaires, par suite de l'impression que les aliments et les substances sapides produisent sur la muqueuse buccale ; pour les glandes qui sécrètent le suc gastrique par l'action de ces aliments sur la membrane interne de l'estomac. Cette intervention est moins marquée en ce qui concerne les reins, les glandules intestinales et les autres organes sécrétoires qui ne reçoivent pas de nerfs cérébro-spinaux ; néanmoins, elle y est encore incontestable, comme le prouve la surexcitation rapide des sécrétions intestinales par le fait d'une vive frayeur. Dans

(1) *Recherches anatomiques sur les glandes.* Paris, 1751, § XCVIII et suiv.
(2) *Anatomie générale.*
(3) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1852, t. XXXIV, p. 236.

tous les cas, l'influence nerveuse cérébro-spinale s'exerce ou directement ou par action réflexe : directement, quand les impressions partent des centres eux-mêmes, et par action réflexe dans la majorité des autres circonstances. Alors l'impression reçue à la bouche, par exemple, par les nerfs de la sensibilité générale ou de la sensibilité gustative, est transmise par eux à l'encéphale, qui la renvoie ou la réfléchit sur les glandes salivaires par le moyen des filets qui se rendent à ces organes.

L'action du système cérébro-spinal sur les sécrétions est une action excitatrice et régulatrice très importante pour beaucoup de glandes, mais elle n'est point absolument indispensable au maintien de la fonction. Tous les expérimentateurs ont constaté qu'après la section des nerfs vagues, les sécrétions muqueuses de la trachée et des bronches continuaient à s'effectuer. Plusieurs praticiens ont noté la persistance de la sécrétion spermatique dans les paralysies de la partie inférieure de la moelle épinière. J'ai vu, ainsi que M. Longet, la sécrétion du suc gastrique continuer, d'une manière sensible, après la section des nerfs vagues, quoi qu'en aient dit plusieurs physiologistes ; j'ai vu après la section de ces nerfs et la ligature du pylore, une énorme quantité de liquide visqueux s'accumuler dans l'estomac ; enfin, j'ai reconnu maintes fois sur les solipèdes auxquels j'avais établi des fistules biliaires, que la sécrétion de la bile persistait avec ses caractères habituels après la résection des nerfs pneumogastriques.

L'action des nerfs ganglionnaires paraît être plus immédiatement nécessaire à la sécrétion que celle dont nous venons de parler. D'abord, c'est la seule qui puisse s'exercer sur les glandes qui reçoivent exclusivement des nerfs du sympathique, comme les reins, les follicules intestinaux ; ensuite c'est la seule qui persiste quand on a coupé les nerfs cérébro-spinaux des glandes qui reçoivent à la fois les deux espèces de nerfs. Les expériences tentées jusqu'ici, quoiqu'elles laissent beaucoup à désirer, montrent néanmoins suffisamment que la sécrétion est sous la dépendance immédiate des nerfs ganglionnaires.

Krimer a vu, après la section des filets ganglionnaires qui se rendent au rein, l'urine se charger d'albumine et de matière colorante, et après celle du cordon cervical du sympathique il l'a vue devenir alcaline et albumineuse, deux résultats assez peu importants quand on se rappelle que la suspension du travail digestif modifie la réaction de l'urine, et que l'état de souffrance où se trouvent les animaux à la suite de l'incision des parois abdominales et des manipulations nécessaires pour mettre à découvert les nerfs rénaux suffisent pour changer considérablement l'aspect, la consistance et les autres propriétés du produit de la sécrétion urinaire.

M. Brachet (1), en rétablissant au moyen d'un tube la continuité entre les deux bouts de l'artère rénale coupée transversalement, ainsi que tous les nerfs environnants, a vu le rein suspendre sa sécrétion, ou du moins ne donner qu'un fluide rougeâtre, sanguinolent. Müller est arrivé au même résultat par un moyen analogue. Après avoir lié les vaisseaux du rein de manière à déterminer « la mortification des nerfs compris dans la ligature, » il enleva celle-ci, afin que le cours du sang pût se rétablir, et adapta un tube à l'uretère attiré au dehors par une plaie à

(1) *Recherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionnaire*, 2e édit., p. 326.

l'abdomen. La sécrétion fut abolie complétement, excepté sur une brebis, où il y eut un écoulement de liquide sanguinolent contenant de l'acide uro-benzoïque. D'après cela, il semble évident que la sécrétion ne puisse se faire sans la participation des nerfs ganglionnaires ; mais de nouvelles expériences seraient nécessaires pour bien établir ce point important, car les précédentes ne sont peut-être pas très concluantes, puisqu'il suffit d'une irritation mécanique un peu forte exercée sur les reins pour diminuer considérablement leur sécrétion et même pour la suspendre momentanément.

Les nerfs ganglionnaires exercent sur la sécrétion de la sueur une action assez difficile à expliquer. Petit (1) avait déjà vu les larmes devenir plus abondantes chez les chiens auxquels il avait enlevé le ganglion cervical supérieur. Lorsque le filet cervical du grand sympathique est coupé, ou lorsque le ganglion cervical supérieur est enlevé chez le cheval, toute la moitié de la tête et de l'encolure du côté de la lésion se couvre d'une sueur abondante coïncidant avec une élévation considérable de température. Dupuy (2) fit le premier cette curieuse remarque en 1806, sur un cheval auquel il enleva les ganglions gutturaux, sous les yeux de Dupuytren. Chez cet animal, dit-il, « la température de la tête était plus élevée que celle du corps, et la peau de cette partie était continuellement mouillée. » M. Cl. Bernard a confirmé ces observations, que nous avons faites aussi très souvent, M. Bouley et moi. Néanmoins, chez le bélier, il n'y a pas de sueurs, quoiqu'il y ait élévation de température du côté du nerf coupé.

S'il fallait d'autres preuves de l'influence du système nerveux sur les sécrétions, on pourrait citer une foule de particularités que présentent les glandes dont l'action est susceptible d'une analyse expérimentale minutieuse. Voyez, par exemple, ce qui se passe dans la sécrétion pancréatique des animaux. L'expérimentateur saisit-il le pancréas au moment où sa sécrétion est en pleine activité, il voit couler des flots de liquide ; au contraire, établit-il la fistule pendant les longues périodes d'inaction de cette glande délicate et capricieuse, il faut qu'il attende souvent plusieurs jours avant de voir le tube, adapté au canal, verser une seule goutte de fluide ; prend-il même la glande à une période de sécrétion, qu'il la voit cesser d'agir pour peu que les manipulations opératoires exercées sur elle soient douloureuses et prolongées. Voyez aussi l'admirable physionomie de l'action des glandes salivaires : toutes ces glandes fonctionnent pendant le repas, et les parotides cessent d'agir aussitôt qu'il n'y a plus d'aliments dans la bouche, tandis que les glandes à salive visqueuse continuent à fournir de quoi humecter la muqueuse buccale ; voyez les parotides en repos pendant l'abstinence chez les solipèdes, et toujours en fonction chez les ruminants : elles se reposent chez le cheval pendant que les autres versent de la salive sous l'influence d'une impression gustative ; au contraire, leur action redouble chez le bœuf lors de la rumination, pendant que les maxillaires sont plongées dans une inertie à peu près complète ; elles alternent l'une avec l'autre, suivant que la mastication se fait sous les molaires droites ou sous les molaires gauches. Prenez ces parotides au moment d'une inaction complète, même de plu-

(1) *Histoire de l'Académie des sciences*, 1727.
(2) *De l'affection tuberculeuse*. Paris, 1817, p. 95 et 96.

sieurs jours de durée, et à peine une parcelle d'aliment aura-t-elle impressionné la muqueuse buccale, qu'elles donneront de la salive ; irritez un filet du lingual, et aussitôt des gouttelettes de salive visqueuse s'échapperont du canal de Warthon. Enfin, comparez ces sécrétions salivaires et pancréatiques intermittentes, susceptibles de tant de modifications, avec la sécrétion biliaire continue, dont l'activité résiste à toutes les tortures éprouvées par l'animal, à tous les troubles de l'organisme, et vous acquerrez la conviction que toutes ces manifestations diverses de l'activité des glandes, si bien mises en harmonie avec le rôle départi à chacune d'elles, résultent de l'intervention régulatrice du système nerveux.

Il importe de remarquer encore que l'influence nerveuse exercée sur les sécrétions est d'une espèce toute particulière, différente de celle qui, dans les mêmes organes, régit la nutrition, car le travail nutritif de la glande est continu, tandis que le travail de la sécrétion y est très souvent intermittent, comme si, à de certains moments, l'action nerveuse se trouvait suspendue. Il suffirait du seul fait de l'intermittence dans la sécrétion pour avoir une preuve irréfragable de la puissante influence exercée sur elle par le système nerveux. Qui saura jamais, en présence de ce fait, pourquoi la glande, constamment en rapport avec les nerfs et constamment abreuvée de sang, demeure pourtant plongée pendant de longues périodes dans une inertie complète dont elle sort si subitement à la moindre excitation ?

IV. Des caractères généraux des sécrétions.

L'activité des organes sécréteurs, considérée d'une manière générale, peut être continue, rémittente ou intermittente. Continue, dans les glandes dont la sécrétion n'a pas d'interruption normale, comme celle des reins et du foie ; rémittente dans les glandes dont la sécrétion, sans jamais cesser complétement, est plus ou moins abondante, comme celle des sublinguales, des maxillaires, des glandes sudoripares ; intermittente dans les glandes telles que les parotides de la plupart des animaux, les mamelles, les glandules du suc gastrique, dont la sécrétion momentanée se suspend complétement à des intervalles plus ou moins rapprochés.

Les sécrétions continues sont les sécrétions chargées d'un rôle de dépuration qui ne peut souffrir d'interruption sans danger pour l'organisme ; elles se maintiennent dans les conditions les plus diverses avec leurs caractères ordinaires. Ainsi, la sécrétion biliaire et l'urinaire persistent chez les animaux épuisés par la souffrance, les fatigues, l'abstinence prolongée : les grandes plaies faites à l'abdomen dans un but expérimental, la péritonite, les troubles qui font cesser la sécrétion du suc gastrique, du fluide pancréatique, ne peuvent les arrêter. L'inanition prolongée qui tarit la plupart des sécrétions leur laisse, surtout à celle du foie, une activité remarquable que prouvent les déjections biliaires des animaux épuisés par une longue abstinence.

Les sécrétions rémittentes et intermittentes sont les sécrétions à usages momentanés, périodiques. Il ne faut du suc gastrique que pendant la digestion stomacale, du lait que pendant la période où la mère nourrit ses petits, du sperme qu'à l'âge pendant lequel il y a aptitude à la reproduction, etc. Les glandes qui en sont chargées ont besoin, pour entrer en action, pour se réveiller, comme le disait

Bordeu, d'être excitées, et d'autant plus vivement que leurs sécrétions doivent être plus abondantes. Il faut aux glandes salivaires l'impression de l'aliment ou d'une substance sapide sur l'organe du goût ; aux glandules gastriques, le contact de l'aliment avec la membrane interne de l'estomac ; au pancréas, aux mamelles, des excitations d'une autre nature. Ces excitations sont parfaitement réglées quant à leur degré d'intensité et à leur période de retour, d'après le rôle que les produits sécrétés doivent remplir. Leur effet est tantôt immédiat et tantôt extrêmement lent à se manifester. La salive, par exemple, afflue à la bouche, le suc gastrique coule dans l'estomac aussitôt que les aliments parviennent à ces cavités ; au contraire, quelques glandes, longtemps inactives, ne peuvent reprendre leur action qu'après une longue préparation, comme on le voit aux mamelles qui se développent peu à peu bien avant le moment de la parturition.

Les sécrétions, à quelque espèce qu'elles appartiennent et à quelque rôle que puisse être employé leur produit, entretiennent entre elles des relations plus ou moins intimes. Elles sont jusqu'à un certain point solidaires les unes des autres, car elles prennent les matériaux de leur produit dans le sang, et tirent le principe de leur action du système nerveux. Or, comme, d'une part, la quantité du sang, sa composition, ses propriétés stimulantes sont réglées, et comme, d'autre part, l'action du système nerveux est plus ou moins vive et forte, régulière ou diversement modifiée, les sécrétions, dans leur ensemble, sont toutes en rapport avec les divers états du sang et du système nerveux. Elles s'affaiblissent simultanément quand le sang s'appauvrit, et que l'action du système nerveux est languissante; elles acquièrent un surcroît d'activité lorsque le sang est abondant et riche, et que l'influx nerveux est proportionné à l'état du fluide nutritif; elles s'altèrent, quant à leur caractère et à la composition de leur produit, quand la composition du sang est elle-même altérée, et que l'action nerveuse est plus ou moins troublée.

L'ordre suivant lequel le système nerveux met en jeu l'activité des diverses glandes, pour les besoins de l'organisme, a pour résultat d'exalter d'une manière successive l'action de la plupart d'entre elles, comme Bichat en avait déjà fait la remarque. Pendant la mastication, toutes les glandes salivaires sécrètent en abondance ; puis, le repas achevé, elles ne donnent plus que ce qui est nécessaire pour humecter la bouche, et les glandes gastriques versent le suc dissolvant ; enfin, à mesure que les aliments passent dans l'intestin, ils provoquent le déversement de la bile, du fluide pancréatique et des sucs intestinaux. Il semble, suivant les expressions de Bichat, qu'il y ait une somme de vie pour tout le système des glandes, et que le surcroît d'activité de quelques-unes ne puisse exister sans un affaiblissement dans celle des autres. Cette particularité se conçoit très bien, quand on se rappelle les énormes quantités de fluides et de matières fixes que les glandes salivaires, par exemple, soustraient à la masse du sang dans un temps très court, car de pareilles soustractions diminuent rapidement la quantité totale du fluide nutritif, et font varier d'une manière sensible la proportion de ses principes constituants.

Les glandes à sécrétion continue ne peuvent, pas plus que les autres, jouir toutes à la fois d'une grande activité. La prépondérance de quelques-unes d'entre elles n'est acquise qu'aux dépens des autres, dont l'action se ralentit. Ainsi, dès que la transpiration cutanée augmente, la sécrétion urinaire diminue, et vice versa;

quand les exhalations du tissu cellulaire et des séreuses deviennent abondantes, c'est au détriment des sécrétions cutanées et muqueuses; lorsque celle du lait tarit, celle de la graisse redevient rapide. Cet antagonisme entre les sécrétions normales, les unes relativement aux autres, se produit également pour les sécrétions morbides spontanées ou provoquées dans un but thérapeutique. Aussi est-ce d'après la connaissance de ce fait que, dans le traitement des maladies, on active une sécrétion pour en tarir une autre : celle de l'intestin pour affaiblir celle des mamelles, celle des reins ou de la peau pour ralentir les exhalations séreuses; c'est dans le même but aussi qu'on détermine des sécrétions factices, des exutoires, pour combattre les hypercrinies. Alors cependant ce moyen de dérivation ne devient efficace qu'autant que la sécrétion surexcitée ou la sécrétion nouvelle est effectuée par un tissu ou un organe d'une autre nature que celui de la sécrétion qui doit être diminuée; il ne faut pas exciter la sécrétion d'une muqueuse pour tarir celle d'une autre membrane de ce genre, il faut encore moins provoquer une sécrétion dans une partie de la peau pour suspendre celle d'une autre partie du même tégument, car chaque muqueuse a des sympathies avec toutes les autres, et chaque partie de la peau avec les autres parties de l'enveloppe cutanée. D'ailleurs la révulsion ne saurait devenir bien efficace, si la sécrétion nouvelle ne soustrait pas à la masse du sang plus de matériaux que celle que l'on doit modifier ou suspendre.

Les divers organes sécréteurs, bien qu'ils aient entre eux de nombreux rapports, n'en conservent pas moins chacun leur individualité fonctionnelle. Chacun a sa vie propre, nettement caractérisée, c'est-à-dire son mode d'action et son rôle spécial. Chacun a, pour mettre en jeu et pour régler sa sécrétion, des excitants propres : le rein ne fonctionne pas comme le testicule, et celui-ci comme les mamelles; la parotide même n'agit pas comme la maxillaire, la maxillaire comme la sublinguale; les glandes salivaires d'un animal n'agissent point comme celles d'un animal d'espèce différente. Les glandes d'un côté peuvent ne pas agir de la même manière que celles du côté opposé.

Chaque glande fabrique un produit spécial caractérisé, et les glandes presque semblables peuvent fournir des liquides très différents. Le produit des tubes de la muqueuse intestinale n'a aucune analogie avec celui des tubes de la muqueuse gastrique, la salive de la parotide n'a ni les caractères ni la composition de la salive des maxillaires; celle de la sublinguale diffère aussi des deux précédentes; la salive de la glande molaire supérieure des ruminants n'est point identique avec la salive de la molaire inférieure : aussi chaque organe sécréteur se distingue-t-il mieux par la spécialité de son produit que par sa structure anatomique. Jamais une glande ne sépare le fluide d'une autre glande mise dans l'impossibilité de fonctionner. Seulement, certaines d'entre elles peuvent rejeter des principes tout formés dans le sang quand les glandes chargées de l'élimination de ces principes suspendent leur action. Ainsi, la peau élimine l'urée mêlée à la sueur lorsqu'il y a obstacle à l'écoulement de l'urine.

Les diverses glandes ont chacune leur sensibilité propre, leur affinité particulière pour telle et telle substance introduite dans l'économie. Au plus léger froisse- [illegible] irritation vive, le pancréas cesse de fonctionner, tandis que la [illegible]sions, les blessures profondes, l'inflammation du foie, laissent

persister la sécrétion biliaire. Telle glande est impressionnée par une cause qui reste sans action sur une autre. La sécrétion du lait est modifiée sous l'influence des passions, de l'amour, celle de l'urine éprouve le contre-coup de divers états nerveux. Certaines d'entre elles se chargent d'éliminer des produits que d'autres ne rejettent pas. Les salivaires entraînent, comme on le sait depuis longtemps, les préparations mercurielles, les reins expulsent les principes résineux, les huiles essentielles, beaucoup de sels, le nitrate de potasse, le cyanure ferrico-potassique; les mamelles éliminent plusieurs substances purgatives, etc.

L'action des glandes en général, et celle de chaque glande prise en particulier, si bien caractérisée qu'elle soit, est susceptible d'un grand nombre de modifications relatives aux divers états du sang, du système nerveux, aux âges, au sexe, au climat, aux saisons, aux maladies et à d'autres causes.

Suivant les âges, les sécrétions présentent des modifications remarquables qui tiennent à l'état de la nutrition générale et au caractère particulier des fonctions. Pendant la vie fœtale, la plupart des sécrétions qui se rapportent à la digestion ne sont pas encore mises en jeu. Les canaux des glandes salivaires sont seulement remplis de mucus; l'estomac, au lieu de suc gastrique, exhale un fluide visqueux très abondant. La muqueuse des voies aériennes sécrète du mucus qui remplit les cavités nasales, le larynx, la trachée et les bronches. La peau, chez beaucoup d'animaux, reste nue, tandis que chez d'autres elle se recouvre de poils assez abondants. Ses productions cornées, chez les solipèdes, y sont jaunâtres et très molles. Les sécrétions dépuratives, et quelques sécrétions propres à la vie fœtale, y jouissent seules d'une activité remarquable. Dès la fin du premier tiers de la gestation, la bile est fabriquée en quantité assez considérable, et elle continue à s'accumuler et à se concentrer dans l'intestin, qu'elle remplit plus tard sous la forme de méconium. L'urine est sécrétée en petite quantité, et ses caractères ne paraissent pas être ceux qu'elle présente après la naissance. Les produits des cellules du thymus doivent être alors assez abondants, si l'on en juge par le volume de cet organe pendant la vie intra-utérine. Au moment de la naissance, toutes les glandes endormies, excepté celles de l'appareil reproducteur, entrent subitement en action. Les glandes salivaires envoient la salive dans la bouche aussitôt que le petit saisit la mamelle de sa mère; le suc gastrique est exhalé dès que le lait parvient à l'estomac; enfin les diverses sécrétions instestinales qui, jusqu'alors, paraissaient n'avoir donné que du mucus, entrent en exercice et prennent les caractères qu'elles conserveront plus tard. La bile, outre son rôle précédent de dépuration, prend une part au travail digestif. L'urine, qui n'avait encore emporté que des matériaux inutiles à la nutrition, emporte de plus l'excédant des produits utiles que la digestion fournit à la constitution du sang. La muqueuse respiratoire commence à exhaler l'acide carbonique, et la peau des animaux, nue en naissant, se couvre peu à peu de poils; la corne nouvelle prend progressivement plus de consistance pour remplacer les productions fœtales, qui éprouvent très vite une chute partielle. Pendant le cours de la vie, les sécrétions cutanées prennent de nouveaux caractères vers l'âge où se développe l'aptitude à la reproduction; il apparaît des spermatozoïdes dans le fluide séminal. A la même époque il se produit dans l'ovaire des ovules susceptibles d'être fécondés. Enfin, à un âge avancé, l'accroissement de

certaines productions est arrêté, la couleur des poils modifiée, la sécrétion de la graisse ralentie, l'ovaire ne donne plus d'ovules qui puissent être fécondés, le sperme n'a plus d'infusoires.

Suivant les divers états de l'organisme, les sécrétions peuvent éprouver des modifications très nombreuses, dont les principales se rattachent à la composition du sang et aux lésions matérielles ou dynamiques des parties. Ainsi, aussitôt que les qualités et la composition du sang sont changées, les diverses sécrétions travaillent pour ramener ce fluide à sa constitution normale. Les sécrétions dépuratives surtout prennent des caractères nouveaux, et la plupart des autres sont plus ou moins altérées. Le rein élimine un très grand nombre de substances étrangères qui ont pénétré dans le torrent circulatoire : les huiles essentielles, les matières résineuses, les matières colorantes, le fer, le mercure, l'arsenic et une foule de sels; la peau donne issue au soufre sous forme d'acide sulfhydrique, au mercure, à l'iode, à l'iodure de potassium, à l'azotate d'argent, à plusieurs substances volatiles entraînées aussi par la transpiration pulmonaire et les exhalations intestinales. Les mamelles éliminent aussi de l'iode, des préparations mercurielles, des purgatifs, des principes amers, des matières colorantes. Il n'est pas jusqu'aux sécrétions dont les produits doivent demeurer dans l'organisme qui ne ressentent quelque influence des variations de l'état du fluide nutritif.

L'état du sang, modifié par le régime, réagit sur les sécrétions. L'urine de l'herbivore, qui est alcaline, chargée de carbonates, sans acide urique, devient acide, se charge de phosphates et prend les autres caractères de celle des carnivores, quand le premier est nourri avec des substances animales ou soumis à une abstinence un peu prolongée. Le lait change à l'infini quant à sa couleur, à son goût, à la proportion respective de chacun de ses éléments suivant le caractère de l'alimentation; celui des femelles carnivores, peu coagulable et presque dépourvu de sucre, devient plus coagulable et plus sucré dès qu'elles sont entretenues avec des aliments végétaux.

Les divers états pathologiques de l'organisme, et ceux des glandes en particulier, impriment des modifications remarquables aux sécrétions. En général, au début d'une phlegmasie dans un organe sécréteur, la sécrétion diminue ou se suspend, comme on le voit pour l'estomac, le rein, le pancréas et les diverses membranes muqueuses ou séreuses; bientôt elle s'y rétablit et, peu à peu, devient très abondante en donnant à ses produits de nouveaux caractères. La salive que fournit une glande dont l'irritation se calme, est trouble et chargée des épithéliums des canaux excréteurs; le suc pancréatique a le même aspect dans ces conditions, et ne renferme qu'une faible proportion d'albumine, aussi alors sa propriété émulsive est-elle considérablement réduite; le lait est trouble, granuleux, souvent sanguinolent. Lorsque la sécrétion se rétablit à la surface des séreuses enflammées, elle y prend une teinte roussâtre, son albumine augmente, et il s'y montre de la fibrine qui possède une grande tendance aux pseudo-morphoses. La synovie, les larmes, les matières sébacées, la sueur, le mucus lui-même changent aussi plus ou moins de caractère sous l'influence de l'irritation des parties qui les sécrètent. Quelques produits de sécrétion acquièrent des propriétés virulentes : la salive, par exemple, chez les animaux hydrophobes, les mucosités des voies génitales dans quelques rares affec-

tions contagieuses. Un certain nombre d'entre eux, notamment l'urine, le lait et la transpiration cutanée, éprouvent des altérations considérables, consécutives à diverses affections générales. La plupart sont ralenties lorsqu'il y a débilité et épuisement, et quelques-unes se suspendent.

Enfin les sécrétions se modifient beaucoup par un grand nombre d'influences extérieures, celles de la température, de l'état hygrométrique de l'atmosphère, du climat, des saisons, etc. Dabord toutes les sécrétions s'activent par suite des irritations extérieures, celle des larmes par les frottements exercés sur les paupières, par les émanations ammoniacales; celle de la peau par les frictions sèches, celle du suc gastrique par le contact de la muqueuse de l'estomac avec des corps inertes tout à fait insolubles. La chaleur et la sécheresse activent la transpiration pulmonaire et la transpiration cutanée; le froid et l'humidité rendent plus abondantes les sécrétions séreuses et urinaire; l'humidité favorise la sécrétion de la graisse; la lumière celles des productions pigmentaires. On sait que dans les saisons chaudes la sécrétion biliaire, les sécrétions cutanées, prennent un surcroît d'activité, que dans les saisons froides, au contraire, ce sont celles du tissu cellulaire, du séreux, des membranes muqueuses et des reins. Tout le monde connaît l'influence remarquable des divers climats sur la coloration de la peau et de ses appendices, sur l'abondance et l'état des productions pileuses. Les nombreuses modifications qui en dépendent sont autant d'empreintes laissées par les agents extérieurs sur les produits des opérations les plus mystérieuses de l'organisme.

CHAPITRE XLIX.

DES SÉCRÉTIONS EN PARTICULIER.

Les nombreuses sécrétions effectuées dans l'organisme diffèrent beaucoup les unes des autres, relativement à la structure des organes sécréteurs, au mode d'action de ceux-ci, à la nature et aux usages de leurs produits. Eu égard à la constitution des organes sécréteurs, Bichat les a divisées en trois classes : les sécrétions perspiratoires, les sécrétions folliculaires et les sécrétions glandulaires. Sous le rapport des usages de leurs produits, la plupart des physiologistes les partagent en trois séries : les récrémentitielles, les dépuratives et les mixtes. Sans nous attacher à aucune de ces deux classifications, nous passerons successivement en revue : 1° les sécrétions interstitielles effectuées par le tissu cellulaire et le tissu adipeux; 2° les sécrétions superficielles des séreuses, de la peau et des muqueuses; 3° les sécrétions glandulaires, dont les produits sont entraînés par des canaux excréteurs, c'est-à-dire celles des glandes lacrymales, des salivaires, du foie, du pancréas, des reins, des mamelles, des testicules; 4° les sécrétions glandulaires dont les produits rentrent dans les vaisseaux, faute de voies d'excrétion, comme celles qui ont lieu dans la rate, les corps thyroïdes, les capsules surrénales et le thymus.

Sérosité cellulaire.

Les aréoles que laissent entre elles les fibrilles et les lamelles du tissu cellulaire contiennent une très petite quantité de sérosité liquide, suffisante pour humecter les éléments de ce tissu, faciliter leurs déplacements réciproques et ceux des parties qu'ils réunissent, mais trop peu considérable pour devenir libre et s'accumuler dans les régions déclives.

Cette sérosité, qui se réduit en vapeurs lorsqu'on vient à mettre à nu le tissu cellulaire sur l'animal vivant, est légèrement jaunâtre, sans viscosité sensible; néanmoins, elle est susceptible de mousser par l'agitation. Elle renferme beaucoup d'eau, de l'albumine et les sels du sérum sanguin, avec lequel elle a beaucoup d'analogie. Elle précipite par l'alcool, l'acide azotique, et se coagule sous l'influence de la chaleur.

La sécrétion de ce fluide devient très abondante à la partie inférieure des membres chez les chevaux à complexion molle, des pays humides, chez ceux qui séjournent longtemps dans les écuries sans prendre d'exercice; elle le devient également dans la région sous-glossienne des bêtes ovines affectées de la cachexie aqueuse. C'est elle qui constitue les œdèmes au voisinage des contusions ou des plaies, sous la peau rubéfiée, au fourreau à la suite de la castration, sous le ventre lors de certaines affections chroniques. C'est elle enfin qui détermine l'infiltration générale connue sous le nom d'*anasarque*, qui se manifeste dans les maladies du cœur, des vaisseaux, et dans toutes celles où la circulation est languissante.

Le tissu cellulaire sous-arachnoïdien sécrète abondamment, comme l'ont appris les recherches de M. Magendie, un fluide séreux, limpide, non visqueux, qui remplit les mailles de la pie-mère et baigne la surface extérieure des centres nerveux, notamment de la moelle épinière. M. Lassaigne lui a trouvé, pour le cheval, une densité de 1,065, et la composition suivante sur 100 parties : eau, 98,180; osmazome, 1,104; albumine, 0,035; chlorure de sodium, 0,610; sous-carbonate de soude, 0,060; phosphate de chaux et traces de carbonate de la même base, 0,009.

La quantité de ce fluide paraît varier d'une manière sensible, surtout dans les maladies de la moelle épinière. D'après M. Renault, elle est, chez le cheval, de 160 à 430 grammes. J'en ai trouvé tant pour la pie-mère encéphalique qui en contient fort peu, que pour la pie-mère rachidienne, 336 grammes sur un cheval de taille moyenne ouvert immédiatement après la mort par effusion de sang; 305 grammes sur un second; 295 grammes sur un troisième.

Le fluide si limpide des chambres de l'œil, ou l'humeur aqueuse, et celui qui, sous le nom de *corps vitré*, remplit les cellules de la membrane hyaloïde, ont une faible densité et renferment beaucoup moins de matières organiques que la sérosité du tissu cellulaire. D'après Berzelius, le premier est formé de : eau, 98,10; traces d'albumine; chlorure de sodium et lactate, 1,15; soude et matière animale soluble dans l'eau, 0,75. Le second contient : eau, 98,40; albumine, 0,16; chlorure de sodium et lactate, 1,42; soude et matière animale, 0,02. Ces deux fluides s'accumulant dans la cavité de l'œil en plus grande quantité qu'à l'état normal, augmentent la tension des membranes de cet organe; elles y deviennent souvent

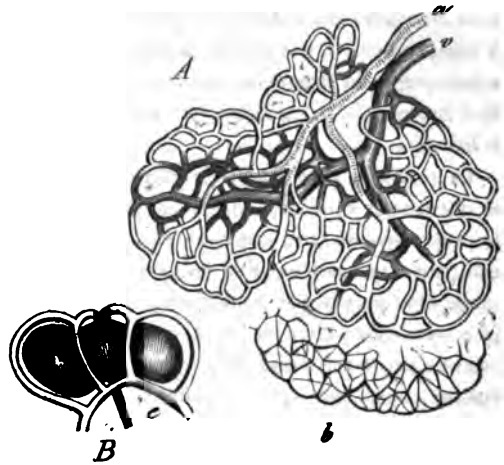
bles et le siége d'un dépôt particulier à la fin des accès de l'ophthalmie odique des solipèdes. Leur régénération se fait assez promptement à la suite ponctions de l'œil. D'après Haller, il se forma 23 grains d'humeur aqueuse 12 minutes chez un chien dont les cavités de l'œil avaient été vidées.

a sérosité du tissu cellulaire et celle de la pie-mère paraissent être plutôt un luit de la perspiration des vaisseaux qui traversent ce tissu, qu'un résultat d'un ail sécrétoire opéré par les éléments de celui-ci ; mais les fluides des cavités ocues sont probablement sécrétés par les membranes qui les renferment.

Graisse.

a graisse, l'un des produits les plus abondants de l'organisme, est déposée s de petites vésicules sphédales, devenant polyédriques suite de leurs pressions réroques, et entourées de réux capillaires. (Fig. 81.)

FIG. 81 (*).



Ces vésicules adipeuses, dont diamètre s'élève tout au plus six centièmes de millimètre, nt groupées en masses plus ou oins considérables dans le su cellulaire de la plupart des gions du corps ; tantôt sous la rme de couches continues, mme au-dessous de la peau t des séreuses ; tantôt sous celle e réseaux ou de rubans, comme ans l'épaisseur de l'épiploon et les mésentères ; quelquefois n pelotes ou en coussinets bien circonscrits, comme à l'orbite, à la fosse temporale t autour de certaines articulations ; enfin, souvent en amas irréguliers dans les espaces inter-musculaires ou viscéraux.

Le tissu adipeux qui résulte de l'agglomération des cellules graisseuses se trouve réparti dans un grand nombre de points, et en général sous la peau, dans les interstices musculaires, en dehors des membranes séreuses, dans l'épaisseur de leurs replis, dans le canal vertébral, autour des reins, dans les scissures du cœur, au pourtour des capsules articulaires. Il existe toujours, quel que soit le degré de maigreur des animaux, dans la gaîne fibreuse de l'œil, dans la fosse temporale, à la base de la conque, dans les scissures du cœur, autour de la dure-mère rachidienne et dans le canal médullaire des os. Au contraire, il manque dans l'encéphale et la moelle épinière, dans le tissu du foie, de la rate, des reins, des testicules, des corps thy-

(*) Fig. 81. — *Vésicules et vaisseaux sanguins de la graisse*, d'après Todd et Bowman. — *A*, vaisseau d'un lobule ; *a*, artériole ; *v*, veinule ; *b*, vésicules graisseuses isolées de leurs vaisseaux ; *B*, vésicules représentées dans leurs rapports avec les vaisseaux.

roïdes, des capsules surrénales, dans l'œil, dans l'épaisseur des parois cardiaques, les tendons, les parois vasculaires. Il manque aussi à peu près complétement aux lèvres, aux paupières, aux naseaux, au scrotum et au sphincter de l'anus, dans l'épaisseur de l'utérus et de la vessie. Il y en a infiniment peu sur le trajet des vaisseaux qui rampent entre les tuniques de l'estomac, de l'intestin, si ce n'est chez les solipèdes et les ruminants très gras.

La graisse a, suivant les animaux, des lieux d'élection où elle s'accumule en grande quantité. Chez les bêtes bovines, il y en a toujours beaucoup sous le sternum, surtout à la partie antérieure, à la région scrotale, à la base de la queue, au voisinage de la rotule, sur les côtes. Elle forme dans ces régions, chez les sujets engraissés et appartenant aux races perfectionnées, des masses considérables, saillantes parfois sous la peau ; elle s'y rassemble en masses énormes autour des reins, dans l'épiploon et sous le péritoine qui tapisse les parois inférieures de l'abdomen. Chez les moutons de Barbarie, chez ceux du cap de Bonne-Espérance et de la Turquie asiatique, elle donne à la queue un volume extraordinaire et un poids de 6 à 7 kilogrammes. C'est elle qui forme, en s'unissant à du tissu fibreux, la bosse des zébus, celle du dromadaire et les deux bosses du chameau, l'épaisse couche de lard du porc et du sanglier, le spermaceti des sinus de la tête du cachalot et de la baleine.

La graisse a, chez les divers animaux, une couleur, une consistance, une odeur et une saveur variables, suivant la quantité respective de chacun de ses éléments, la proportion du tissu cellulaire et fibreux, et la nature des principes avec lesquels elle peut être associée. Elle est presque liquide chez les poissons, les cétacés ; très molle chez les oiseaux aquatiques, molle et jaunâtre chez les solipèdes, blanche et plus consistante chez les porcs, et plus ferme encore chez les ruminants, où elle se solidifie par le refroidissement cadavérique. Néanmoins, quelque épaisse que puisse être sa consistance après la mort, elle est toujours molle et souple pendant la vie.

Les principes qui entrent dans sa composition sont, outre la substance protéique qui forme les parois des vésicules, la stéarine, la margarine et l'élaïne. La première, qui est solide, blanche, fusible à + 44 degrés, est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool bouillant, dont elle se sépare ensuite par le refroidissement sous l'aspect de longues aiguilles brillantes ; par l'action des alcalis, elle se dédouble en acide stéarique et en glycérine. L'élaïne, soluble dans l'alcool froid, est incolore, fluide à la température ordinaire, solidifiable seulement à — 7° centigrades, et susceptible d'être aussi dédoublée par les alcalis. La margarine, qui existe dans la graisse des ruminants et dans celle du porc, est un peu moins fusible que la stéarine, dont elle ne se distingue guère que par une plus grande solubilité dans l'éther. Ces principes, exposés à une forte chaleur, se décomposent et donnent de l'hydrogène carboné, de l'acide carbonique, des acides acétique, margarique, oléique, et une matière odorante. D'après M. Chevreul, elles ont la composition suivante :

	Graisse de porc.	*Graisse de mouton.*
Carbone.	79,098	78,996
Hydrogène	11,146	11,700
[illegible]ne.	3,756	9,304

La sécrétion de la graisse est opérée par les vésicules de nature protéique qui a renferment, vésicules qui sont entourées par des lacis réguliers de vaisseaux anguins destinés à fournir d'abord la graisse provenant des aliments, puis celle ui s'est formée dans l'économie par suite des mutations de certaines substances, t peut-être enfin les matériaux propres à constituer de la graisse dans les vésicules lles-mêmes. Les vaisseaux ne déposent pas ce produit dans les parois mêmes des ésicules, car celles-ci n'ont pas de capillaires dans leur épaisseur ; ils le versent à a surface extérieure des vésicules, qui s'en pénètrent et s'en remplissent à divers legrés. Lorsque l'alimentation est abondante, elles paraissent entièrement pleines le matière grasse. Quand elle l'est moins, elles reçoivent, à défaut d'une suffisante quantité de graisse, une certaine proportion de fluides séreux constituant une sorte d'atmosphère à la graisse. Celle-ci, d'après Bowmann (fig. 82), est même quelquefois séparée en deux zones, une extérieure, formée par l'élaïne, et une centrale, étoilée, formée par la stéarine. Il peut arriver que dans le marasme, comme l'ont vu Gurtl et Kölliker, les cellules, ne recevant plus de graisse, se remplissent de sérosité, et deviennent de véritables cellules séreuses. On sait, en effet, que la moelle des os, chez les animaux émaciés, est en grande partie constituée par un liquide jaunâtre, visqueux. On sait de même que le lard des porcs mal nourris ou entretenus avec des aliments peu nutritifs est mou, comme infiltré. Mais il n'est pas parfaitement démontré qu'une partie des vésicules adipeuses ne disparaissent pas en même temps que leur contenu, lors de l'amaigrissement, pour être remplacées par des cellules de nouvelle formation au retour de l'embonpoint : cette disparition semble s'opérer manifestement en beaucoup de points.

FIG. 82.

Cette sécrétion graisseuse ne présente pas, chez tous les animaux et dans toutes les parties de l'organisme, les mêmes caractères. Chez un certain nombre d'entre eux, les ruminants, par exemple, la quantité de stéarine qui se dépose dans les vésicules adipeuses est très considérable ; aussi la graisse y devient-elle très consistante et fusible seulement à 47 degrés centigrades. Chez les solipèdes, l'élaïne étant prédominante, la graisse se maintient fluide à la température ordinaire. Enfin, chez les poissons, les cétacés, et en général chez les animaux aquatiques, la proportion d'élaïne est encore plus grande, et par suite la graisse plus fluide. Dans certaines régions, comme autour des reins et dans les épiploons, le tissu adipeux contient plus de stéarine que sous la peau et dans les espaces intermusculaires, d'après les analyses de M. Lassaigne faites tout récemment sur le mouton. Très probablement aussi le travail de formation du tissu adipeux éprouve quelques autres variantes, suivant les âges, les espèces et la nature de l'alimentation, car la saveur, la couleur, l'odeur des graisses, changent d'une manière sensible dans ces différentes conditions.

La sécrétion de la graisse, qui commence à s'effectuer vers la fin de la première moitié de la vie fœtale, prend peu d'activité avant la naissance, si ce n'est à l'orbite, à la fosse temporale, dans le canal vertébral et dans l'épiploon, sur le trajet des vaisseaux où il s'en dépose déjà des quantités notables. Pendant la durée de l'allaitement, elle augmente d'une manière sensible, mais depuis la naissance jusqu'à l'époque où l'accroissement du corps est achevé, elle m

adipeux dans une juste proportion de développement avec les autres parties de l'organisme. Néanmoins, grâce à une alimentation abondante, les animaux domestiques peuvent, bien avant l'âge adulte, arriver à un embonpoint des plus remarquables, puisque, à trois ans, les bœufs Durham et ceux de nos belles races françaises pures ou croisées peuvent peser de 900 à 1,000 kilogrammes, et les porcs de race normande peuvent à un an atteindre un poids de 300 à 350 kilogrammes. A un âge avancé, l'engraissement devient difficile, surtout chez les animaux qui ont beaucoup travaillé, et chez ceux qui, dans le cours de leur vie, les moutons notamment, ont éprouvé des alternatives de maigreur et d'embonpoint. Il est à remarquer que, chez les jeunes sujets, la graisse se dépose en plus forte proportion à l'extérieur du corps que dans l'abdomen, comme si alors la nature réservait aux viscères le plus d'espace possible, tandis que, chez les vieux animaux, elle se concentre davantage sous le péritoine, autour des reins et dans les cavités médullaires des os. D'ailleurs cela varie beaucoup suivant les races, car, d'après M. Yvart (1), il y a un contraste frappant entre les races ovines anglaises qui, dès les premières années, amassent sous la peau une couche de graisse aussi épaisse que le lard des porcs, et les mérinos soyeux qui ne s'engraissent guère qu'à partir de trois ans, et chez lesquels le tissu adipeux s'accumule surtout dans l'abdomen.

Parmi les nombreuses conditions qui favorisent la formation de la graisse, il faut placer en première ligne une alimentation abondante, riche en matières grasses et en principes féculents, le repos, le calme intérieur, une température douce et humide, l'extinction des désirs vénériens par suite de l'état de plénitude chez les femelles et de la castration pour les deux sexes : aussi les animaux que l'on veut engraisser sont-ils préalablement châtrés et les femelles fécondées. Ces animaux, enfermés dans des étables sombres, étroites et humides, condamnés à un repos absolu, reçoivent en abondance des aliments peu excitants, très nutritifs et de digestion facile. En quelques mois, les ruminants, déjà en bon état, acquièrent un embonpoint considérable, dont on peut juger par les masses de graisse formées dans l'abdomen, et s'élevant à elles seules jusqu'au dixième du poids de l'animal vivant. Le porc prend très vite de 30 à 40 pour 100 de graisse ; le bélier anglais peut, d'après les observations de M. Yvart, donner un poids de graisse égal à celui de sa chair, et l'oie maigre, après un engraissement d'un mois, arrive à donner une masse de ce produit représentant la moitié du poids du corps, et même quelquefois davantage.

Les animaux sauvages, ayant à passer alternativement de la disette à une nourriture abondante, passent aussi périodiquement de la maigreur à l'embonpoint. Les herbivores et les insectivores s'engraissent en été ; les granivores et les frugivores en automne. Ceux qui, comme les hérissons, les marmottes, les loirs, les serpents, doivent s'engourdir pendant la saison froide, sont chargés de graisse aux approches de l'hiver ; ceux qui ont une subsistance assurée pendant toute l'année, comme beaucoup d'oiseaux et de mammifères aquatiques, les phoques, les cétacés, l'hippopotame, conservent un certain embonpoint dans toutes les saisons. Il en est qui,

(1) *Etudes sur la race mérinos à laine soyeuse* (*Recueil de médecine vétérinaire*, 1850, p. 542).

soit à cause de leur subsistance précaire, comme les carnassiers, soit en raison de leur constitution particulière, comme les lièvres, les lapins, les cerfs, demeurent toujours maigres, ou prennent proportionnellement moins de graisse que les autres. Dans tous les cas, ceux qui sont susceptibles de s'engraisser le font aussi très vite, comme les cailles, les grives, les rouges-gorges, nous en donnent des exemples dans les temps humides.

La graisse déposée dans les tissus provient en partie des matières grasses diverses contenues dans les aliments, et en partie d'autres principes alimentaires métamorphosés dans l'organisme. Aussi les aliments conviennent-ils d'autant mieux à l'engraissement qu'ils contiennent plus de matières grasses et de principes susceptibles de se transformer en graisse ; cela, toutefois, dans des proportions mises en harmonie avec les forces digestives et la puissance d'assimilation.

Les matières grasses apportées en nature dans l'organisme par l'alimentation sont, pour les herbivores, la cire, les huiles qui existent dans les tiges, les feuilles et les graines des plantes ; pour les carnassiers, la substance adipeuse associée à la chair et les divers principes gras contenus dans le sang dont celle-ci est imprégnée. Elles se trouvent en proportion notable dans la généralité des aliments végétaux. Les foins des prairies naturelles ou artificielles en renferment, terme moyen, de 3 à 4 centièmes ; les pailles, l'avoine, le son, de 2 à 5 centièmes ; le maïs, 7 centièmes ; les tourteaux de colza et d'œillette, si utilement employés, de 8 à 10 centièmes. Or ces graisses, tant végétales qu'animales, parvenues dans les voies digestives, sont divisées et émulsionnées par le suc pancréatique et les fluides intestinaux ; elles passent dans le chyle, qu'elles rendent plus ou moins trouble et lactescent, ainsi que dans la veine porte ; de là elles sont disséminées dans le torrent circulatoire, et enfin déposées dans les vésicules adipeuses. Celles des aliments végétaux éprouveraient dans le corps des herbivores, d'après d'habiles chimistes (1), sous l'influence de l'oxygène, un commencement d'oxydation qui les transformerait en acides stéarique et oléique. En passant plus tard dans l'organisme des carnivores, elles seraient oxydées de nouveau, et donneraient de l'acide margarique qu'on trouve dans leur tissu adipeux, puis, par une oxydation plus complète encore, elles donneraient naissance aux acides gras volatils connus sous les noms de *caprique*, *hircique* et *butyrique*.

Mais les matières grasses contenues dans les aliments ne sont pas toujours en quantité suffisante pour subvenir aux besoins de l'engraissement et à la sécrétion du lait ; de plus, ces matières, surtout la cire verte et la cire blanche des plantes herbacées, ne s'y trouvent pas sous une forme qui en permette, à beaucoup près, l'absorption intégrale dans les voies digestives ; car M. Liebig dit même, ce qui est du reste fort contestable, qu'une vache nourrie avec du foin et des pommes de terre peut fournir une grande quantité de lait, tout en rendant avec les excréments à peu près la totalité des principes gras contenus dans les aliments. Aussi est-il nécessaire que des graisses se forment dans l'organisme aux dépens des autres principes de l'alimentation.

(1) MM. Dumas, Boussingault et Payen, *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 1843, t. XVI, p. 348.

En effet, Huber, et plus tard Gundlach, ont vu les abeilles nourries exclusivement soit avec du sucre, soit avec du miel, donner pendant longtemps de la cire. M. Boussingault a constaté, par des expériences analytiques habilement exécutées, que des porcs fixaient dans leurs tissus une quantité de graisse presque double de celle qu'ils prennent dans leurs aliments. Enfin M. Persoz, par des expériences analogues faites sur les oies, a démontré également que la quantité de graisse acquise dans un temps donné, par ces palmipèdes, était très supérieure à celle que le travail digestif puisait dans leurs aliments.

Or, cette graisse nouvelle, de formation animale, provient indubitablement des métamorphoses des autres principes introduits dans l'économie par les aliments. D'après M. Liebig elle dériverait de la fécule, du sucre et des gommes qui se transforment en graisse, en perdant une certaine proportion de leur oxygène, lequel serait éliminé de l'économie après avoir servi à la formation du sucre et de l'acide carbonique. L'engraissement serait la conséquence de la disproportion entre la masse des substances ingérées riches en carbone et celle de l'oxygène absorbé par la respiration. Enfin, d'après M. Boussingault, ces matières grasses pourraient en outre provenir des substances azotées, telles que l'albumine, la fibrine, le caséum, la légumine, puisqu'il est démontré qu'en dehors de l'organisme ces substances peuvent, dans certaines conditions, donner naissance à des acides gras. Toutefois, quelque puisse être la nature des changements par lesquels ces divers principes se convertiraient en graisse, le fait de cette conversion est incontestable, et c'est là le point capital de la question, le reste est un accessoire qui sera fixé peut-être par les progrès ultérieurs de la chimie.

Il ne faudrait pas croire que la faculté que possède l'organisme de former de la graisse aux dépens de divers principes alimentaires soit illimitée. L'observation démontre clairement que cette puissance a des bornes qu'elle ne peut dépasser. Ainsi, les animaux nourris exclusivement avec des racines ou des tubercules très pauvres en graisse, n'acquièrent de l'embonpoint qu'avec une extrême lenteur et n'arrivent jamais à un engraissement avancé. Les femelles donnent un lait peu butyreux et maigrissent pendant la durée de la lactation, car une partie de leur graisse paraît être employée à la formation du fluide sécrété par les mamelles. C'est peut-être en vue de cette utilisation possible de la graisse à la sécrétion lactée que la nature, toujours si intelligente, prédispose à l'engraissement les femelles pendant le cours de la gestation.

Les usages de la graisse sont assez variés; mais le premier et le plus intéressant d'entre eux est relatif à l'utilisation de cette substance dans les phénomènes respiratoires. Autrefois on regardait cette matière comme un aliment mis en réserve dans l'organisme pour subvenir aux besoins de la reconstitution du sang et du renouvellement des tissus lorsque l'alimentation devient insuffisante; mais comme la graisse est dépourvue d'azote, elle ne saurait se métamorphoser ni en albumine, ni en fibrine, ni en aucune autre matière azotée, même en admettant que les vésicules, qui sont de nature protéique, soient résorbées en même temps que leur contenu. A défaut de cet office, la graisse en remplit un autre qui est incontestable, celui de servir à la respiration et à l'entretien de la chaleur animale. Toutes les fois que la quantité d'oxigène introduite dans l'économie est trop considérable, relativement à

la proportion des matières carbonées et hydrogénées fournies par l'alimentation, cet oxygène brûle la graisse, il s'empare de son carbone et de son hydrogène pour en former de l'acide carbonique et de l'eau ; il laisse en liberté l'oxygène de ce principe qui peut aussi concourir à la production de la chaleur au même titre que celui qui a été amené de l'atmosphère par la respiration. Cette combustion s'effectue vraisemblablement sur place ; elle ne paraît pas avoir besoin pour s'effectuer que la graisse soit préalablement résorbée et amenée avec le sang dans les organes respiratoires. Dabord elle a lieu un peu partout indistinctement, plus tard elle devient plus active en certains points qu'en d'autres; enfin il arrive un moment où elle fait disparaître complétement la graisse sous-cutanée, intermusculaire, sous-péritonéale, en respectant celle de l'œil, de la fosse temporale, du canal vertébral, des scissures cardiaques dont la conservation est importante ; néanmoins celle de ces derniers points éprouve aussi une diminution notable et un changement d'aspect. La substance médullaire des os longs devient plus fluide, et une partie de la matière grasse y est remplacée par de la sérosité ; le coussinet de la fosse temporale, dans les solipèdes, prend une teinte rougeâtre et laisse voir plus distinctement ses vaisseaux ; la graisse des scissures du cœur est comme infiltrée. Dans tous les cas, il n'est pas facile d'expliquer pourquoi ces quelques parties du système adipeux jouissent d'un privilége que ne partagent point les autres.

La graisse accumulée dans l'organisme, sous l'influence d'une alimentation abondante, est ainsi peu à peu brûlée, pendant la saison rigoureuse, chez les herbivores qui ne trouvent plus qu'une chétive nourriture, chez tous les mammifères hibernants, les reptiles, ainsi que chez les animaux inanitiés. Dans ces conditions, les animaux peuvent arriver souvent à un état voisin du marasme. La bosse du dromadaire, si volumineuse à l'état normal, peut alors se réduire au poids de 1,500 grammes; mais les couleuvres et les vipères, après cinq à six mois d'abstinence, conservent encore dans la cavité abdominale des masses de graisse assez volumineuses. On ne saurait trop admirer ces heureuses combinaisons par suite desquelles ce produit surabondant de la digestion est mis en réserve dans les points où il facilite le mouvement, embellit les formes, et dans ceux où sa présence ne peut nuire, pour être utilisé plus tard, une fois que l'économie aura à souffrir du défaut d'aliments ou d'une alimentation insuffisante.

Outre ce rôle important, la graisse a encore d'autres usages accessoires et la plupart mécaniques. Elle comble le vide des cavités médullaires et des spongiosités des os, régularise et embellit les formes, concourt à la formation des coussinets élastiques du pied, constitue des pelotes souples et molles autour des articulations, à la base de l'oreille, dans l'orbite, etc.

Sérosité des séreuses.

Les membranes séreuses splanchniques, le péritoine, les plèvres et l'arachnoïde, la membrane interne du péricarde, constituées par du tissu cellulaire condensé recouvert d'un feuillet épithélial, exhalent par leur surface libre un fluide séreux analogue, sinon identique, à celui qui humecte le tissu cellulaire.

La sécrétion de ce liquide est opérée dans toute l'étendue de ces m

soit dans les parties où elles tapissent les cavités, soit dans celles qui revêtent les organes, soit enfin dans celles qui forment des replis, des ligaments, des franges ou de petites saillies récemment qualifiées du titre de glandes projetées, comme si toute la membrane séreuse elle-même n'était pas une vaste glande. Elle n'a d'autre agent que le tissu de ces membranes, car on sait depuis Ruysch qu'il n'y a pas de petits organes glandulaires dans leur épaisseur. Son activité paraît peu considérable à l'état normal, mais il n'est pas possible de l'apprécier exactement, puisqu'une résorption incessante fait antagonisme à la sécrétion.

La sérosité des membranes dont nous parlons y est versée à l'état liquide et s'y maintient sous cette forme, et non à l'état de vapeur, comme le disent la plupart des auteurs; il est facile de s'en assurer, sur les petits ruminants, par une expérience très simple qui consiste à enlever avec soin, dans une certaine étendue des parois inférieures de l'abdomen, la tunique élastique et les muscles, de manière à mettre à nu le péritoine. On voit alors, à la faveur de la transparence du péritoine, la sérosité accumulée au niveau de la partie dénudée, pourvu que celle-ci soit dans une situation déclive. De plus, on se convainc par là que cette sérosité ne résulte point d'une vapeur condensée par l'action de l'air, puisque le sac péritonéal n'est point ouvert. L'opinion d'après laquelle cette sérosité serait à l'état de vapeur sur l'animal vivant ne repose d'ailleurs sur aucune preuve; elle n'a eu sans doute d'autre point de départ que cette observation, faite depuis longtemps, de la vapeur qui s'échappe d'une cavité séreuse ouverte.

Ce liquide n'est pas seulement en quantité rigoureusement nécessaire pour humecter la face interne de la membrane, il y est encore assez abondant pour s'accumuler en proportion notable dans les parties déclives. J'en ai toujours trouvé sur les chevaux, les moutons, les porcs ouverts immédiatement après la mort, celle-ci déterminée avec ou sans effusion de sang. J'en ai trouvé de même dans le péritoine, les plèvres et le péricarde des animaux ouverts vivants pour des expériences diverses, quelles que fussent, du reste, les conditions dans lesquelles se trouvaient placés ces animaux. Jamais je ne l'ai vue manquer dans l'une de ces membranes. C'est donc bien à tort que divers auteurs très estimables, et tout récemment encore Lacauchie, ont regardé comme un produit de transsudation cadavérique celle qu'elles renferment après la mort. Évidemment la transsudation et l'imbibition peuvent en augmenter ou en diminuer la proportion suivant les circonstances, l'état des organes, le temps qui s'est écoulé depuis l'instant de la mort, mais il serait ridicule de considérer ces variations, dans les quantités de sérosité trouvées sur les cadavres, comme une preuve de la non-existence de ce liquide pendant la vie. En général, chez le cheval ouvert immédiatement après la mort par effusion de sang, j'ai trouvé de 80 à 110 grammes de sérosité dans le péricarde, de 100 à 200 dans les plèvres, de 300 à 1,000 grammes du même fluide dans le péritoine, et de 5 à 8 grammes dans les ventricules encéphaliques. Cette proportion devient, pendant un certain temps, de plus en plus considérable à mesure qu'on s'éloigne du moment de la mort, car une nouvelle quantité de sérosité produite par transsudation s'ajoute à celle qui existait sur l'animal vivant; mais plus tard elle diminue d'une manière notable.

La sérosité, quelle que soit sa proportion, remplit les petits espaces des mem-

branes qui ne sont point occupés par les viscères. Il ne reste pendant la vie, et même après la mort, aucun vide ni dans le péricarde, ni dans la plèvre, ni dans le péritoine. Si, en quelques points, les viscères ne se touchent pas ou ne sont pas en contact avec les parois de leur cavité, c'est dans ceux qu'occupe la sérosité. Aussi, dès qu'on vient à faire une ouverture au péritoine, à la région du flanc, par exemple, l'air s'y engouffre avec bruit et fait un peu descendre la masse intestinale ; il s'infiltre, en quelque sorte, entre les diverses circonvolutions, de manière à ne pouvoir plus sortir qu'avec difficulté et une extrême lenteur. De même, après la mort par effusion de sang, le péricarde est affaissé et appliqué avec force sur le cœur; dès qu'on y fait une petite ouverture, l'air y pénètre bruyamment, le dilate et l'éloigne de la surface externe de l'organe.

La sécrétion des membranes séreuses éprouve quelques variations remarquables, dérivant soit d'un état général de l'organisme, soit d'une modification apportée à leur vitalité. Elle est plus abondante qu'à l'état normal, surtout dans le péritoine, chez les animaux à complexion molle, qui ont le tissu cellulaire de la partie inférieure du ventre et des extrémités un peu infiltré. Elle le devient excessivement dans l'hydrothorax, dans l'ascite, l'hydrocéphalie, l'hydropisie des bourses. Au contraire, elle se suspend au début de l'inflammation des séreuses, pour se rétablir plus tard avec une grande activité en donnant à leur produit des caractères nouveaux.

La sérosité des membranes séreuses est un fluide alcalin, clair, d'une teinte légèrement citrine, d'une densité de 1012 à 1020; elle n'est point coagulable comme Hewson, Lower et d'autres observateurs disent l'avoir constaté : cependant j'ai vu celle du péricarde du bœuf récemment tué se coaguler après avoir été extraite. Les analyses démontrent qu'elle a une composition analogue au sérum du sang, c'est-à-dire qu'elle renferme de l'albumine, des chlorures, du carbonate, du phosphate de soude; elle se charge, en outre, dans les inflammations, d'une proportion notable de fibrine qui lui donne une grande tendance à développer les fausses membranes. J'ai noté la présence normale du sucre dans la sérosité du péricarde, des plèvres, etc.

Les usages du fluide séreux paraissent être uniquement relatifs au jeu ou au déplacement des viscères contenus dans les cavités splanchniques. Il permet au cœur de se mouvoir librement dans la cavité du péricarde, au poumon, de glisser à la face interne des parois costales; à l'estomac, aux circonvolutions intestinales, de changer aisément de position et de rapports.

Synovie.

Les petites séreuses articulaires et tendineuses, comme celles qui existent aux articulations diarthrodiales, au passage du coraco-radial dans la coulisse humérale, au sommet de l'olécrâne, à celui du calcanéum, dans les arcades carpienne et tarsienne, en avant du ligament capsulaire du carpe, entre les fléchisseurs du pied dans la région digitée, sont destinées à la sécrétion d'un fluide onctueux qui facilite le jeu des surfaces articulaires, ou celui des parties devant glisser les unes sur les autres.

Ces membranes, en rapport extérieurement avec de petites pelotes adipeuses appelées *glandes de Havers*, portent à leur face interne de petites saillies, sortes de houppes plus ou moins irrégulières connues sous le nom de *franges synoviales*, et regardées autrefois comme les conduits excréteurs des prétendues glandes synoviales de Havers. Ces franges, bien développées dans les synoviales scapulo-humérale, huméro-radiale, coxo-fémorale, fémoro-tibiale, etc., sont analogues aux replis permanents des membranes muqueuses, et ont comme eux pour usage d'augmenter la surface sécrétante d'une manière d'autant plus avantageuse qu'elles sont plus vasculaires que le reste. Elles se trouvent en grande quantité vers les marges articulaires et dans les culs-de-sac formés en plusieurs points par la membrane synoviale, comme de chaque côté de la partie postérieure de l'articulation huméro-radiale, en avant du genou, sur les côtés de la rotule, en arrière du jarret; mais elles manquent ou sont peu marquées dans la plupart des synoviales tendineuses.

La synovie qui est sécrétée par ces membranes est un fluide jaunâtre, épais, visqueux, de consistance oléagineuse, faiblement alcalin. Celle du cheval, d'après John, est formée de : eau, 92,9 ; albumine, 6,4 ; matière extractive, 0,08 ; chlorure et carbonate sodiques, 0,6 ; phosphate de chaux, 0,1. Celle de l'éléphant a donné à Vauquelin, et celle de l'homme à M. Lassaigne, à peu près les mêmes éléments, de plus, une ou deux matières animales particulières qui, très probablement, communiquent à ce liquide, plutôt que l'albumine, la viscosité qui le caractérise, et qui est l'une de ses propriétés les plus essentielles.

La quantité de ce fluide dans toutes les articulations est constamment plus que suffisante pour lubrifier les surfaces articulaires. Je l'ai trouvée sur un cheval de taille moyenne en bonne santé, et examiné immédiatement après la mort, de 6 grammes dans l'articulation de l'épaule, de 7 grammes dans celle du coude, de 6 grammes dans l'articulation coxo-fémorale, de 8 grammes dans la fémoro-tibiale, de 7 grammes dans la tibio-tarsienne. Lorsque les synoviales offrent des dilatations anormales, comme on en voit si fréquemment au genou et au jarret du cheval, elles peuvent se remplir d'une énorme quantité de ce liquide, 500, 600, 800 grammes, et quelquefois plus encore ; mais elle n'a pas ses propriétés habituelles. Dans les circonstances ordinaires, comme les surfaces articulaires sont en coaptation parfaite, la synovie ne peut que mouiller les parties qui se touchent ; aussi s'échappe-t-elle en dehors des marges articulaires dans les culs-de sac de sa membrane, qui devient par là plus ou moins boursouflée, ou bien elle s'amasse en partie dans ces fossettes synoviales irrégulières, où le cartilage semble rongé comme celles de l'échancrure sygmoïde des solipèdes, de l'extrémité supérieure du radius, de la surface articulaire inférieure du tibia, etc.

La sécrétion de la synovie est opérée dans toute l'étendue de la membrane séreuse, suivant le mécanisme de la sécrétion des séreuses splanchniques. On ne sait si à l'état normal elle peut éprouver des variations notables, car tout ce qu'on a dit sur l'activité que possédait la sécrétion sous l'influence de l'exercice est dénué de fondement. Mais par le fait de la maladie, elle peut subir de grands changements, devenir trouble, roussâtre, perdre un peu de sa viscosité, être sécrétée en quantité double ou triple, etc. Très probablement, elle éprouve des modifications chimiques dans l'arthrite, avec ou sans fausses membranes, à la suite des blessures, des ponc-

tions des synoviales ou d'une injection irritante dans leur cavité. Ces dernières altérations ne sont pas encore bien connues ; néanmoins, on sait, depuis les expériences de M. Leblanc (1), qu'à la suite des injections iodées, le travail inflammatoire qui peut s'emparer de la synoviale n'a jamais pour conséquence d'y provoquer la formation du pus, comme cela arrive quelquefois dans les autres sérenses enflammées.

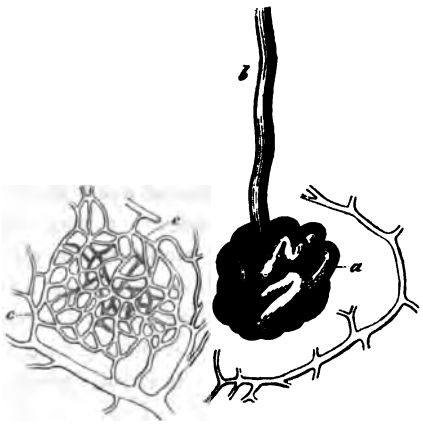
La synovie ne paraît avoir d'autre usage que de faciliter les mouvements des parties dont elle enduit les surfaces, comme le fait l'huile sur les rouages des machines.

Transpiration cutanée.

Le tégument qui enveloppe le corps est le siége d'une exhalation plus ou moins abondante qu'on appelle *transpiration insensible* quand elle est peu appréciable, et *sueur* lorsque son produit se répand sous forme liquide à la surface de la peau. Il y a à l'extérieur de cette membrane, comme Edwards en a fait la remarque, une évaporation simple, tout à fait physique, analogue à celle qui s'opère sur toutes les surfaces chaudes et humides exposées au contact de l'air ; puis il y a dans son tissu une sécrétion spéciale dont le produit versé sur l'épiderme doit aussi y être enlevé, le plus souvent, par volatilisation.

Les glandes chargées de la sécrétion de la sueur sont situées dans la couche profonde du derme, et quelquefois dans le tissu cellulaire sous-jacent. Elles se composent de deux parties distinctes : le glomérule glandulaire, arrondi, résultant de l'enroulement d'un tube à peu près uniforme dans toute son étendue, et le canal excréteur, sinueux, s'ouvrant à la surface de l'épiderme par un orifice très étroit (fig. 83). Ces glandes sudoripares, assez peu connues encore en ce qui concerne les animaux, ne sont constituées, en définitive, que par un long tube qui serait pelotonné sur lui-même pour former la petite masse désignée sous le nom de *glomérule*, tube dont les parois fibreuses et même quelquefois musculaires sont tapissées intérieurement par une couche de cellules épithéliales.

FIG. 83 *.



Les glandes sudoripares, décrites par Breschet et Roussel de Vauzème, par Gurlt,

* Fig. 83. — Glande sudoripare d'après Todd et Bowman ; *A*, peloton glandulaire ; *B*, canal excréteur ; *C*, vaisseaux d'un glomérule.

(1) *Clinique vétérinaire*, 1847.

et plus tard par M. Duvernoy, que les sciences viennent de perdre, existent dans tous les mammifères domestiques dans l'épaisseur du derme ou dans la couche cellulaire sous-jacente. Elles sont très développées chez le cheval, notamment à la région inguinale, et chez le mouton; mais elles sont fort petites chez le chien, si ce n'est à la peau qui recouvre les pelotes ou les coussinets plantaires. Le glomérule est très allongé chez le mouton, ovale au scrotum du cheval et à la face plantaire du pied du chien; il constitue au lieu d'une pelote une petite capsule ovoïde dans le bœuf et la plus grande partie de la peau des carnivores. Le canal excréteur, très sinueux dans le porc et le mouton, serait presque rectiligne dans le cheval. Ces glandes renferment, pour la plupart, un liquide clair parfaitement transparent, sans aucune trace de matière solide. Celles de quelques régions possèdent, suivant les observations de MM. Kölliker et Ch. Robin, une ontenu plus ou moins épais, au sein duquel on peut reconnaître des granulations plus ou moins fines, des cellules, des noyaux cellulaires, de la protéine et de la graisse. Dans ces dernières, l'hétérogénéité du contenu résulterait d'une mue et d'une dissolution partielle des cellules épithéliales qui tapissent le tube sinueux des glomérules sudoripares.

La transpiration cutanée, si faible qu'elle paraisse dans les conditions ordinaires, n'en constitue pas moins l'une des sources les plus actives des grandes déperditions qu'éprouve l'organisme. Les caractères de cette exhalation, la quantité, la nature et les propriétés de son produit, le rôle qu'elle joue relativement à la dépuration du fluide nutritif et à l'équilibration de la chaleur animale, exigent ici quelques développements.

Cette exhalation paraît très restreinte chez les animaux inférieurs dont la peau est recouverte, comme chez les échinodermes, les crustacés et les mollusques à coquilles, d'enveloppes solides à peu près imperméables, et chez ceux qui ont l'épiderme épais, écailleux ou corné, comme les serpents, les lézards, les tortues, etc.; elle devient, au contraire, très active chez les mammifères et les oiseaux où la peau a pour revêtement un épiderme d'une épaisseur peu considérable; encore, parmi ces derniers, doit-elle être plus ou moins active, suivant le degré de souplesse, de vascularité de la peau, d'abondance ou de rareté des productions pileuses qui recouvrent cette membrane. Très probablement, elle l'est plus chez les pachydermes et les autres quadrupèdes à peau nue des climats chauds, que chez les animaux à fourrure épaisse des pays du nord. Elle l'est plus chez le cheval qui sue abondamment à la suite d'une course rapide ou d'un exercice pénible, que chez le bœuf, et surtout que chez le porc et le chien, dont on ne voit jamais la peau mouillée de sueur.

La quantité des produits éliminés par cette voie a été déterminée déjà pour l'espèce humaine et pour quelques petits animaux avec assez d'exactitude. Sanctorius, dont les expériences sont si célèbres, en pesant, d'une part, ses aliments et ses boissons; d'autre part, toutes ses excrétions pondérables, est arrivé par différence à reconnaître qne les cinq huitièmes des matières ingérées étaient éliminés par les exhalations cutanée et pulmonaire. Lavoisier et Seguin, à l'aide d'un vêtement de taffetas gommé et d'un tube de cuivre qui conduisait à l'extérieur le produit de la perspiration pulmonaire, ont reconnu que cette transpiration faisait perdre en une minute de 11 à 32 grains, c'est-à-dire, terme moyen, 2 livres

15 onces en vingt-quatre heures. Pendant cette période, la perte maximum a été de 5 livres, et la plus faible de 1 livre 11 onces 4 gros ; elle a été égale à la cinquante-cinquième partie du poids du corps. En appliquant ces résultats aux animaux, on trouve qu'un cheval du poids de 400 kilogrammes devrait perdre en vingt-quatre heures, par la transpiration cutanée, 7 kilogrammes 27 centièmes. Edwards a déterminé directement la perte qu'elle fait éprouver, de concert avec la perspiration pulmonaire, à divers reptiles, aux souris, aux cochons d'Inde et aux moineaux. Ces deux exhalations firent perdre en vingt-quatre heures un douzième du poids du corps à un cochon d'Inde, un neuvième à des lézards et à des crapauds, plus d'un quart à des moineaux, un tiers à des souris. Conséquemment la perte totale comprend les produits de la combustion respiratoire associés aux deux perspirations. Pour quelques animaux, elle atteint, dans les conditions expérimentales, un chiffre auquel elle n'arrive pas dans les circonstances ordinaires.

L'activité de la transpiration est subordonnée à une foule de causes intérieures et extérieures qui portent leur action, soit sur la circulation ou la respiration, soit sur l'état du sang, du système nerveux, de la peau, etc.

La chaleur, la sécheresse de l'air, son état électrique, sa diminution de pression, les exercices pénibles, les courses rapides, les efforts de toute espèce, augmentent la transpiration cutanée. La sueur est beaucoup plus abondante, comme chacun le sait, pendant les saisons chaudes que pendant l'hiver, par les temps lourds et humides, qui signalent l'approche des orages, que dans les moments où le baromètre indique une pression atmosphérique très forte. C'est surtout pendant ces moments où l'air chaud exerce une faible pression que le cheval et le bœuf suent abondamment, et que la sueur est enlevée difficilement par l'air ; au contraire, elle diminue par les temps froids, et surtout lorsque l'air devient très humide, et si alors de la sueur est versée à la surface de la peau, elle ne se volatilise qu'avec une très grande lenteur.

La transpiration augmente dans plusieurs conditions physiologiques ou anormales ; elle devient plus abondante pendant le travail de la digestion que dans les circonstances ordinaires, comme on le voit chez les chevaux desquels on exige un travail pénible immédiatement après le repas ; elle le devient de même beaucoup chez les solipèdes affectés de coliques ou d'indigestion, chez les animaux dont la respiration est pénible, chez ceux que l'on exerce à la suite de la section des nerfs vagues, et enfin dans beaucoup de maladies aux approches de la mort. Les frictions sèches et l'ingestion de diverses substances excitantes l'augmentent d'une manière sensible. Ces dernières la rendent même très abondante. Elle diminue pendant l'abstinence et dans le cours d'un grand nombre de maladies où la peau est sèche, le poil terne et piqué, notamment dans celles où les sécrétions internes acquièrent un surcroît d'activité, dans les pleurites, les péritonites avec épanchement, dans les hémorrhagies internes. Mais dans toutes ces circonstances, il s'établit un rapport inverse entre cette transpiration et la sécrétion urinaire, qui augmente quand l'autre diminue, et réciproquement. Du reste, il y a à cet égard de notables variations individuelles. Les animaux lymphatiques, les jeunes sujets, ceux surtout qui ne sont pas habitués au travail, suent souvent au moindre exercice, tandis que chez d'autres le corps se couvre rarement de sueur.

Le produit de la transpiration cutanée est assez complexe ; il est formé par de l'acide carbonique, de l'eau, un autre acide, des matières animales et des sels.

La partie gazeuse de l'exhalation contient d'abord de l'acide carbonique. Spallanzani, après avoir excisé les poumons à des grenouilles et à des salamandres, ou après avoir lié la trachée à des couleuvres, a vu l'exhalation de l'acide carbonique continuer pendant un certain temps, à peu près comme à l'état normal. Edwards a fait la même observation sur des batraciens auxquels la trachée avait été liée. Le même fait a été constaté pour l'homme par divers observateurs, en maintenant la main et une partie du bras, sous une cloche, sur la cuve à mercure. Elle contient ensuite, d'après Collard de Martigny, de l'azote en proportions variables ; enfin, quelquefois de l'hydrogène et de l'acétate d'ammoniaque.

La partie fluide de la transpiration, celle qu'il est facile de recueillir à peu près pure en faisant condenser sur les parois d'une cloche ou d'un cylindre de verre la vapeur qui s'exhale d'une partie vivante enfermée dans ce vase, ne contient que de l'eau et quelques matières volatiles. La sueur proprement dite, celle qui se dépose à l'état liquide sur la peau, a été analysée par MM. Thénard, Berzelius et Anselmino (1). Les deux premiers y ont trouvé de l'eau, des acides acétique et lactique, une matière animale, des chlorures de sodium et de potassium, des phosphates terreux et de l'oxyde de fer. Le second a trouvé dans ce liquide de 5 à 14 millièmes de parties fixes, et dans 100 parties de celles-ci, il a reconnu : osmazôme, acide acétique libre et acétate de soude, 29 ; osmazôme, chlorure de potassium et de sodium, 48 ; matière animale soluble dans l'eau, 21 ; matière animale insoluble dans l'eau et l'alcool, phosphate de chaux et oxyde de fer, 2. La sueur du cheval, examinée par Anselmino, a la même composition que celle de l'homme ; elle en diffère seulement par une plus forte proportion de matière animale et de phosphate calcaire. Mais il est fort difficile de la recueillir pure sur les animaux, car à la surface de la peau, elle dissout des matières fixes que la transpiration ancienne y a laissées et des principes de l'épiderme ; de plus, elle entraîne de la matière sébacée, et quelquefois même des substances étrangères qui peuvent adhérer à la peau ou aux poils.

Quelle que soit sa composition, la sueur a été trouvée acide par tous les auteurs, et ce fait n'est mis en contestation par personne. Néanmoins, j'ai toujours trouvé neutre ou alcaline celle qui ruisselle à la surface de la peau du cheval exercé, ou de celui auquel on a coupé dans la région cervicale les filets du grand sympathique. Cette particularité tient peut-être à ce que la sueur dissout à la surface cutanée les matières salines qui s'y déposent continuellement, faute de pouvoir se volatiliser avec l'eau de ce produit.

La matière de la transpiration cutanée paraît différer suivant les parties du corps et suivant les animaux. Les différences relatives aux régions tiennent autant au mélange de la sueur avec le produit des glandes sébacées, que des variétés dans la nature des glandes sudoripares. Celles qui ont trait aux espèces reconnaissent probablement pour cause la présence de matières animales particulières, généralement odorantes et souvent caractéristiques, matières qui servent si bien au chien et aux

(1) Voyez *Abrégé élémentaire de chimie*, par J.-L. Lassaigne, t. II.

carnassiers à reconnaître la piste de l'homme et des herbivores. Peut-être ces matières sont-elles, comme le pensait Barruel, les mêmes que celles qui donnent au sang et à plusieurs parties du corps de chaque animal une odeur spéciale.

Elle est modifiée aussi dans plusieurs circonstances, notamment par le fait de la maladie et de l'ingestion de substances étrangères dans l'économie. Les physiologistes ont constaté qu'elle prend une odeur urineuse lors des rétentions d'urine, une odeur fétide dans quelques maladies, une autre odeur chez les chiens qui se nourrissent exclusivement de matières animales. Elle se charge de gaz sulfhydrique à la suite de l'administration du soufre, d'alcool, des principes de la valériane, d'iode, d'iodure de potassium, lorsque ces substances sont prises à l'intérieur en certaine quantité.

La transpiration cutanée joue un rôle important relativement à la dépuration du sang et au maintien de l'équilibre de la température du corps ; aussi ne peut-elle être diminuée ou supprimée sans danger pour l'organisme.

Sous le rapport de la dépuration du fluide nutritif, cette exhalation a un but analogue à celui de la respiration ; de même que cette dernière, elle rejette hors de l'économie de l'eau, de l'acide carbonique et de l'azote. La peau qui en est le siége est une véritable surface respiratoire chargée chez les animaux inférieurs d'absorber l'oxygène, et d'éliminer les produits auxquels il donne naissance, mais seulement appropriée à ce dernier usage chez les animaux supérieurs. Cette membrane constitue un véritable poumon par lequel s'échappent continuellement des produits que l'autre, à lui seul, ne parviendrait pas à expulser.

En ce qui concerne l'équilibration de la chaleur animale, la transpiration effectuée par le tégument est un moyen précieux qui se met en parfaite harmonie avec les conditions diverses dans lesquelles peut se trouver l'organisme. Elle augmente à mesure que la chaleur extérieure s'élève, et soustrait à la masse du corps le calorique qui dépasse le degré propre à chaque animal. Par là elle permet à l'homme et aux animaux de résister à de hautes températures, et de conserver une chaleur uniforme dans toutes les saisons et sous toutes les latitudes.

Investie de ce double office, la perspiration cutanée ne peut être supprimée sans qu'il survienne des troubles fonctionnels très graves et incompatibles avec la vie. On sait en effet, depuis longtemps, que les arrêts momentanés de cette exhalation peuvent déterminer la pleurésie, la pneumonie, les flux intestinaux, etc. On a remarqué que les brûlures très étendues, les exanthèmes, les éruptions avec phlegmasie très vive, déterminaient souvent des inflammations dans d'autres muqueuses, par suite de la suspension du travail perspiratoire sous l'influence de l'inflammation du tissu cutané. Dans ces derniers temps, M. Fourcault, en appliquant à la surface de la peau du chien et de divers animaux de petite taille une couche imperméable de substances emplastiques, a vu la mort survenir au bout de quelques jours, et même quelquefois de quelques heures seulement. Enfin M. H. Bouley (1) a obtenu les mêmes résultats en répétant ces expériences sur le cheval. Les sujets, dont la peau préalablement rasée avait été enduite de goudron, ne tardaient pas à ressentir les effets d'une véritable asphyxie lente ; ils devenaient tristes, peu

(1) *Recueil de médecine vétérinaire*, 1850, p. 5, 805.

impressionnables; leur respiration devenait lente et profonde; le pouls de plus en plus faible. Bientôt se manifestaient des tremblements musculaires, un refroidissement sensible du corps et de l'air expiré; les muqueuses apparentes, la conjonctive, la pituitaire, prenaient une teinte violacée. Un premier cheval ainsi goudronné mourut le dixième jour; un deuxième, le neuvième; un troisième, recouvert d'huile empyreumatique, succomba le septième jour; un dernier, recouvert d'abord d'une couche de colle forte, puis d'une couche de goudron, périt dans la neuvième heure qui suivit cette double application. A l'autopsie de ces animaux, les muqueuses gastro-intestinales étaient gorgées de sang noir, le tissu cellulaire sous-jacent souvent infiltré, les poumons très congestionnés, les bronches pleines de spumosités, la membrane interne du cœur ecchymosée; en un mot, on observait les lésions d'une asphyxie complète, d'une asphyxie par la peau, pour me servir de la qualification très juste que lui donne M. Bouley.

Matière sébacée.

Sous ce titre sont comprises ici, avec la sécrétion onctueuse qui s'opère généralement à la surface de la peau, celles qui sont effectuées en différents points des téguments où elles ont des caractères particuliers, comme celles des larmiers, de l'espace interdigité des ruminants, de l'aine, des régions anales et préputiales de plusieurs animaux, etc.

Les glandes qui sécrètent la matière sébacée, situées dans l'épaisseur du derme et quelquefois à sa face profonde, constituent tantôt des utricules simples renflés à leur base et pourvus d'un orifice assez large; tantôt des follicules rameux, à deux, trois ou quatre branches irrégulières, dont le fond, terminé en cul-de-sac, est souvent très irrégulier. Une partie d'entre elles s'ouvrent dans les follicules pileux, et les autres ont des ouvertures propres, notamment dans les régions dégarnies de poils. Les plus volumineuses de ces glandes se voient à la région mammaire, au périnée, autour de la vulve et de l'anus, sous la peau du fourreau du cheval, notamment à sa lame interne, et au scrotum. Leydig en a trouvé de fort compliquées au prépuce des rats. M. Allibert en a indiqué de fort volumineuses dans le pli du carpe du porc, et j'en ai moi-même vu d'énormes à la face interne de la peau qui recouvre le dessous du ventre de ce pachyderme.

Le contenu de ces glandes consiste, d'après les recherches de Kölliker, en cellules de forme et d'aspect variés possédant rarement un noyau. Ces cellules, arrondies ou ovoïdes, accolées les unes aux autres, contiennent une plus ou moins grande quantité de gouttelettes graisseuses. Ce sont elles qui, en se détachant, forment la matière molle qui est versée à la surface de la peau, laquelle a donné à l'analyse de l'albumine, de la caséine, de la graisse, des matières extractives et du phosphate calcaire. A mesure qu'elle est emportée, il se forme de nouvelles cellules par scission de celles qui restent dans leur intérieur. Ces cellules récentes, d'abord pâles, à parois minces, prennent peu à peu les caractères de celles de formation ancienne. Enfin, elles sont éliminées à leur tour, intactes ou en partie dissoutes.

La matière sébacée a pour office d'assouplir la peau, de la revêtir d'un enduit gras

qui la préserve de l'action irritante des corps qui peuvent se mettre en contact avec cette membrane; elle donne à la peau du scrotum, des lèvres de la vulve, un luisant particulier chez les solipèdes. C'est elle qui contribue, pour la plus grande part, à rendre les poils lisses et souples dans l'état de santé; c'est elle qui, sous le nom de *suint*, imprègne la toison des bêtes ovines. Lorsqu'elle est sécrétée abondamment en certains points, elle peut y former des dépôts considérables, tels que ceux du fourreau du cheval, de la fossette située au-dessous de l'ouverture urétrale de ce solipède, et de l'entrée du prépuce du bœuf.

La matière sébacée offre sans aucun doute des différences notables suivant les espèces et les conditions physiologiques de l'organisme. Son odeur particulière dans chaque animal, de même que celle de la transpiration, devient l'un des moyens principaux par lesquels les carnassiers reconnaissent l'approche ou les traces de leurs victimes; les modifications qu'elle subit au moment du rut permettent aux mâles de distinguer la femelle apte à être fécondée de celle qui n'est point en chaleur.

En divers points de la peau les glandes sébacées se modifient et forment des amas considérables dont le produit n'a pas toujours des usages faciles à déterminer : ainsi les larmiers, les pores inguinaux, les sinus interdigités des ruminants, les poches préputiales des rats, les poches anales des chiens, du lion, de l'hyène et de la généralité des carnassiers, les glandes temporales de l'éléphant, les faciales des chauves-souris, etc.

Les larmiers qui existent chez les cerfs et les antilopes forment au-dessous de l'œil une poche plus ou moins profonde logée dans une lacune du maxillaire et du lacrymal. Cette poche, dont l'entrée représente généralement une fente étroite, est formée par une peau mince au-dessous de laquelle se trouve une couche de glandes dont le produit est versé dans la cavité du larmier, où elle peut s'accumuler en quantité considérable. Ils sont inégalement développés dans les divers ruminants, mais ils ne constituent plus qu'une simple fossette peu profonde chez le mouton. M. E. Rousseau (1), qui a donné sur ces cryptes des détails très intéressants, signale des prolongements de l'orbiculaire des paupières disposés de manière à en ouvrir ou à en fermer l'ouverture.

La matière onctueuse, légèrement musquée, du larmier sert à assouplir la peau au voisinage de l'œil; peut-être sert-elle à préserver cette partie du tégument de l'action irritante des larmes qui tendent à descendre dans la fosse larmière lorsqu'elles coulent en dehors des paupières.

Les pores inguinaux forment au pli de l'aine, et de chaque côté, une excavation plus ou moins profonde où la peau, même privée de poils, possède dans son épaisseur et à sa face adhérente des follicules très développées qui sécrètent une matière onctueuse molle et odorante. Ils sont très profonds chez les gazelles, moins profonds chez le mouton et le lièvre. Dans les bêtes ovines, on y trouve une matière jaunâtre comme du miel, très molle, d'autant plus abondante que la laine est elle-même plus chargée de suint.

Les glandules interdigitées et les sinus du même nom existent chez plusieurs

(1) *Revue et Magasin de zoologie*, 1851, n° 4.

espèces de ruminants. Dans le mouton, le sinus qui existe à chaque patte a la forme d'une petite poche recourbée, s'ouvrant par un orifice très étroit, au-dessus de la commissure des deux doigts. Cette poche, dans laquelle se trouve toujours une certaine quantité de matière sébacée blanche ou jaunâtre, est constituée par une peau pourvue de nombreuses glandules et de poils qui sortent en une petite touffe par l'ouverture précitée. D'après M. Rousseau, ces sinus existent aux quatre pieds dans le lama, le cerf de la Guyane, le cerf de Virginie, l'antilope corrine, le kevel, le chamois, l'antilope de Nubie, l'antilope à quatre cornes; aux pieds de derrière seulement dans le cerf-cochon, l'axis, le renne, le chevreuil, l'antilope bubale, et aux pieds antérieurs dans le bouc du Népaul. Le produit de ces sinus varie un peu suivant les animaux. Il est brunâtre et grenu chez le chevreuil, l'antilope bubale, très pâle chez le mouton; son odeur est quelquefois très forte.

Les poches qui se trouvent au voisinage du prépuce, au périnée et auprès de l'anus, sont généralement formées par un cul-de-sac de la peau amincie, garnie à sa face adhérente d'une couche plus ou moins épaisse de glandules. Celle du chevrotain qui produit le musc est située en avant du prépuce; celle du castor, qui fournit le castoréum, aboutit également dans ce diverticule. La poche de la civette, placée entre la vulve et l'anus, est très profonde et s'ouvre à l'extérieur par une longue fente. Celle qui existe chez l'hyène est très large et circonscrit l'anus et la vulve. De chaque côté elle présente deux excavations au fond desquelles la peau est percée d'un grand nombre de petites ouvertures; en dehors de la poche se trouve une couche de glandules jaunâtres d'au moins un centimètre d'épaisseur, couche qui est elle-même recouverte d'un muscle analogue à celui qui entoure les petites prostates des solipèdes. La matière qui s'en échappe est blanchâtre, assez consistante, et d'une odeur peu prononcée. Les cavités de ce germe, qui se voient chez le blaireau, les mougoustes, l'ichneumon, le cochon d'inde, offrent des dispositions analogues.

Les poches anales qu'on trouve chez le chien, le chat, le lion, le putois, la généralité des carnassiers, et certaines rongeurs doivent être bien distinguées des précédentes, avec lesquelles elles n'ont rien de commun que la structure. Les poches anales sont de véritables diverticules du rectum ou de petits sacs arrondis s'ouvrant dans le rectum, tout près de la marge de l'anus, par un orifice très étroit. La muqueuse qui les constitue est recouverte d'une couche de glandules jaunâtres, en rapport avec une petite expansion musculaire. Elles renferment une matière jaune très fluide qui s'en échappe en partie lors des efforts de la défécation, matière très fétide dans quelques carnassiers, le putois notamment.

La glande temporale de l'éléphant, située sous la peau, verse par un canal oblique ouvert entre l'œil et l'oreille une matière onctueuse très abondante au moment du rut. La glande musquée du crocodile, placée sur le côté du maxillaire, verse son produit dans une petite poche voisine. Les petites glandes que le chamois ysard présente en arrière des cornes, celles de la poche dorsale du pécari, des flancs de la musaraigne, de la queue du cerf et des rats, du croupion des oiseaux, etc., sécrètent également une matière sébacée dont il serait très difficile de préciser toujours les usages (1).

(1) Voyez à ce sujet Cuvier, *Règne animal*. — *Leçons d'anatomie comparée*. — Dugès, etc.

Mucus.

Le fluide visqueux, filant, généralement incolore, connu sous le nom de mucus, est versé, en plus ou moins grande quantité, à la surface libre de toutes les membranes muqueuses, dans les cavités nasales, le larynx, la trachée, les bronches, dans la bouche, l'estomac et l'intestin, dans le bassinet du rein, l'uretère, la vessie, l'utérus, le vagin, etc.

Il est sécrété par des follicules spéciaux, très nombreux en quelques points, et par toute la surface de la muqueuse, quand celle-ci est dépourvue de ces petits organes. La plupart des micrographes, et Kölliker entre autres, pensent que les cellules épithéliales qui tapissent la muqueuse et ses plus petits follicules opèrent cette sécrétion, dont le produit résulterait d'une destruction continuelle de cellules remplacées continuellement aussi par des cellules de nouvelle formation.

Le mucus qui, d'après Fourcroy et Vauquelin, serait un fluide partout identique, est considéré par Berzelius comme une matière dont la composition varie suivant les points où elle est déposée. Ce dernier y a trouvé une très grande proportion d'eau, de la matière muqueuse, des matières animales, un peu d'albumine, des chlorures de sodium et de potassium, de la soude libre. Il est incolore et presque transparent à l'état de pureté, légèrement alcalin, incoagulable sous l'influence de la chaleur, peu miscible à l'eau, soluble dans les alcalis et les acides affaiblis; il se modifie un peu en se mêlant aux autres matières que sécrètent les membranes muqueuses ou qui se mettent en contact avec elles.

Sa sécrétion s'effectue quelquefois, comme dans l'utérus, lors de sa vacuité, sans l'intervention des excitants extérieurs, mais généralement elle est provoquée par le contact d'agents extérieurs, comme l'air pour les voies respiratoires, les aliments, le suc gastrique et la bile pour les voies digestives, l'urine pour les voies urinaires. Elle devient, en général, d'autant plus abondante, que cette stimulation extérieure devient plus vive; son activité est accrue également par l'action des causes susceptibles d'entretenir l'irritation des membranes muqueuses. Ainsi elle augmente considérablement dans l'estomac après la ligature du pylore, dans le duodénum compris entre deux ligatures, dans le vagin pendant la durée des chaleurs; elle forme la masse glaireuse qui obstrue le col de l'utérus pendant la gestation, et produit les masses de liquide qui sont éliminées au déclin des affections catarrhales.

Le mucus a des usages importants : il entretient la souplesse des membranes muqueuses et les protége contre l'action des corps avec lesquels elles peuvent être en contact. Il forme à ces membranes un revêtement liquide qui les isole suffisamment des matières étrangères, et qui ne permet pas de contact immédiat entre elles et ces dernières. Sans lui, le suc gastrique qui séjourne dans l'estomac pourrait corroder la membrane interne de ce viscère; sans lui, la bile produirait une irritation trop vive sur la membrane délicate de l'intestin, et l'urine sur celle de la vessie.

Sans doute chaque muqueuse, chaque partie d'une muqueuse possède une sensibilité en rapport avec le genre et l'intensité des excitations qu'elle doit recevoir :

La membrane interne de l'estomac destinée à se mettre en rapport presque incessant avec un suc dissolvant et des aliments hétérogènes, la muqueuse de la vésicule biliaire et celle de la vessie, toujours baignées par des fluides irritants, ne devaient pas être douées de la sensibilité exquise de la conjonctive; car avec une telle sensibilité elles auraient éprouvé une impression douloureuse des agents qui ne font naître en elles aucune sensation appréciable. Néanmoins, cette sensibilité rendue obtuse ne suffisait pas encore pour prévenir l'irritation des muqueuses, il fallait un moyen direct de protection, un enduit susceptible de se renouveler à mesure qu'il est détruit, et c'est le mucus qui remplit cet office; il sert en outre, dans la bouche, le pharynx et l'œsophage, à faciliter la déglutition; dans l'estomac et l'intestin, à faciliter la progression des matières alimentaires, etc.

Ce produit étant sécrété par toutes les muqueuses et entraîné peu à peu, doit se mêler à beaucoup de fluides et en modifier plus ou moins les propriétés physiques. Il entre, en effet, pour une bonne part dans la composition de la salive maxillaire, de la salive sublinguale, auxquelles il donne leur viscosité caractéristique; il donne au fluide des glandes de Brunner, au suc intestinal, la consistance que ces liquides possèdent.

Le mucus généralement produit par les membranes muqueuses est quelquefois sécrété par la peau. Il fournit alors au tégument externe un revêtement protecteur comme on le voit chez la plupart des mollusques nus, chez les batraciens, beaucoup de poissons, les anguilles, entre autres. Dans la classe des poissons, il a pour organes sécréteurs des tubes disposés obliquement en divers points de la tête et sur toute la longueur du corps. Ses usages spéciaux sont évidemment de former à la peau un enduit qui la protége contre l'action immédiate de l'eau et des autres agents extérieurs.

Larmes.

Les larmes sécrétées par la glande lacrymale, lobulée, aplatie, située au-dessus du globe de l'œil, sont versées continuellement, par des canaux très fins, à la face interne de la paupière supérieure. De là elles se répandent sur la conjonctive, dans toute l'étendue de la cornée, reviennent vers l'angle nasal et s'engagent par les points lacrymaux dans le petit sac qui forme l'origine évasée du canal lacrymal, enfin ce dernier les amène dans les cavités nasales.

La sécrétion des larmes s'effectue toujours chez les animaux dans la mesure strictement nécessaire à la lubrifaction de la cornée transparente. Néanmoins elle paraît souvent plus abondante chez quelques animaux, le bœuf et le cerf notamment, que chez la plupart des autres. Elle est chez tous notablement activée par les frottements exercés sur les paupières, par les coups portés sur l'œil, l'impression des vapeurs très irritantes, le contact des corps étrangers sur la conjonctive, la piqûre du nerf lacrymal, comme M. Magendie l'a constaté dans ses expériences faites sur l'homme même; enfin elle devient fort abondante, presque continue, et prend des caractères particuliers dans les ophthalmies, et surtout pendant les accès de la fluxion périodique des solipèdes.

Les larmes se présentent sous l'aspect d'un fluide limpide, dépourvu de viscosité, alcalin, faiblement salé, dans lequel Vauquelin et Fourcroy ont trouvé un peu de

ucus, de la soude libre, du chlorure de sodium et du phosphate calcaire; mais ur composition semble se modifier un peu dans certaines ophthalmies, si l'on juge par l'irritation qu'elles provoquent sur les points de la peau où elles ulent.

Les larmes ont pour usage d'entretenir le brillant et la transparence de la cornée, humecter la conjonctive, la face interne des paupières, et de faciliter par là les ouvements du globe oculaire.

Un certain nombre de mammifères et d'oiseaux ont encore dans la gaîne fibreuse e l'œil une glande particulière connue sous le nom de glande de Harderus. Elle st blanchâtre, lobulée et très grande dans le lièvre, le lapin, où elle s'ouvre, d'après Cuvier, par un petit orifice sous le rudiment de la troisième paupière; on l'a rouvée dans le porc, l'éléphant, les paresseux, les carnassiers, mais chez les solipèdes je n'en ai vu qu'une trace sous forme de granulations serrées, adhérentes la base du corps clignotant. Elle sécrète une matière visqueuse assez épaisse et blanchâtre, dont l'usage n'est pas déterminé.

Les serpents, dont l'œil est recouvert par la peau amincie et transparente, possèdent cependant, d'après les observations de M. J. Cloquet, un appareil lacrymal complet dont le produit est versé entre la peau et la conjonctive qui tapisse la face antérieure du globe oculaire. Mais, suivant G. Cuvier, cet appareil manque complétement chez les cétacés et les poissons.

Salive.

Les fluides salivaires versés en différents points de la cavité buccale dérivent des glandes parotides, sous-maxillaires, sublinguales, molaires et de diverses glandules sous-muqueuses. Ils se distinguent les uns des autres par leur mode de sécrétion, leurs propriétés physiques, leur composition chimique, et le rôle qu'ils sont appelés à remplir dans les actes préparatoires de la digestion.

Les glandes qui sécrètent ces fluides agissent chacune suivant un mode particulier, dans des conditions déterminées et par suite d'excitations spéciales. L'action de chacune d'elles diffère suivant les espèces, et leur action collective ne reste point la même pendant le repas, la rumination et l'abstinence. Les expériences que j'ai exposées en traitant de l'insalivation montrent assez nettement la physionomie propre à la fonction de chaque glande salivaire pour qu'il ne soit pas nécessaire de donner de nouveaux développements à cet égard; néanmoins, je ne puis m'empêcher de rappeler ici la diversité si remarquable que présente le mode d'action de la même glande suivant les animaux où on la considère.

Ainsi la parotide qui, chez les solipèdes, sécrète seulement pendant le repas et par exception lorsque certaines substances sapides sont mises en contact avec la muqueuse buccale, sécrète d'une manière continue chez l'homme pendant la veille et pendant le sommeil d'après les observations de Mitscherlich, chez les ruminants d'après mes expériences. Cette même glande, dont la sécrétion n'est nullement impressionnée lorsque l'animal affamé voit et flaire des aliments, sécrète au contraire assez abondamment chez l'homme placé dans des conditions semblables. Cette parotide, que la plupart des substances sapides ne font point entrer en action chez

les solipèdes, sécrète abondamment chez le porc qui a du sel ou du poivre dans la bouche, et éprouve chez l'homme un surcroît d'activité par suite d'une stimulation de même nature. Enfin cette glande, à laquelle les mouvements des mâchoires ne font pas verser une goutte de salive chez les solipèdes, donne, d'après Mitscherlich, plus de salive pendant que l'homme parle ou chante que dans les moments où les mâchoires sont immobiles.

La sécrétion, pour toutes les glandes salivaires, est mise en jeu par une action réflexe des centres nerveux. L'impression produite sur la muqueuse buccale par les aliments ou les autres substances sapides, est transmise à l'encéphale qui réagit aussitôt et envoie à ces glandes, par l'intermédiaire des nerfs qui s'y distribuent, l'excitation provocatrice de leur travail sécrétoire ; mais il est fort remarquable que cette action réflexe se modifie considérablement suivant les circonstances. Si c'est un aliment qui impressionne le sens du goût, l'action réflexe est répartie uniformément sur toutes les glandes qui y répondent par une sécrétion très abondante ; si cet aliment revient de l'estomac lors de la rumination pour être broyé et insalivé de nouveau, l'action réflexe qu'il provoque ne porte que sur les parotides, les sublinguales, les glandules diverses, et laisse en repos les maxillaires ; si ce même aliment, qu'il vienne du dehors ou des réservoirs gastriques, est broyé sous les molaires droites, l'action réflexe détermine une sécrétion beaucoup plus abondante sur la parotide de ce côté que dans celle du côté opposé. Enfin, si l'action réflexe vient d'une substance sapide, elle mettra en jeu la sécrétion dans les maxillaires, les sublinguales et les glandules à salive visqueuse ; elle produira un résultat analogue dans la parotide de telle espèce animale, et restera, au contraire, sans effet sur celle d'un animal de telle autre espèce.

Dans toutes les glandes salivaires, et plus particulièrement dans celles qui donnent de la salive visqueuse, la sécrétion est entretenue souvent par une action directe des centres nerveux. C'est ainsi qu'est sécrétée la salive qui humecte continuellement la bouche, celle qui est déglutie à des intervalles plus ou moins rapprochés pendant l'abstinence. Alors, les glandes salivaires rentrent dans les conditions communes à toutes celles qui, comme le foie, les reins, fonctionnent sans le concours de stimulants extérieurs.

La sécrétion salivaire peut, d'ailleurs, être surexcitée par des causes diverses, parmi lesquelles il faut signaler celles qui mettent en éveil les organes de la génération. Tous les auteurs disent que, dans notre espèce, les désirs vénériens augmentent la salivation ; plusieurs assurent que les dromadaires accouplés salivent abondamment ; j'ai vu un long filet de salive visqueuse s'échapper de la bouche d'un jeune taureau à l'approche de la femelle en rut ; souvent les chevaux vieux et exténués salivent beaucoup sans cause appréciable un ou deux jours avant la mort. Enfin, on sait que diverses substances introduites dans l'économie, le mercure entre autres, produisent une excitation continuelle plus ou moins prolongée de tout le système salivaire, comme le font durant quelques instants l'émétique, le sulfate de zinc, etc., injectés dans les veines à une dose assez forte.

Bile.

L'organe sécréteur de la bile paraît être la première glande distincte chez les animaux inférieurs, celle qui prend le plus de développement, et arrive parmi les vertébrés au plus haut degré de complication.

Dans le principe, le foie est constitué par des cellules plus ou moins volumineuses, diversement colorées, et fixées à la face interne du tube digestif, surtout à la partie dilatée qui tient lieu d'estomac, et dans les parties qui suivent. Ces cellules pleines du fluide biliaire qu'elles ont élaboré, le laissent échapper peu à peu dans la cavité digestive, soit en se rupturant, comme divers auteurs le pensent, soit tout simplement par une sorte de transsudation. C'est ainsi qu'elles se présentent chez les hydres, les planaires, et quelques annélides.

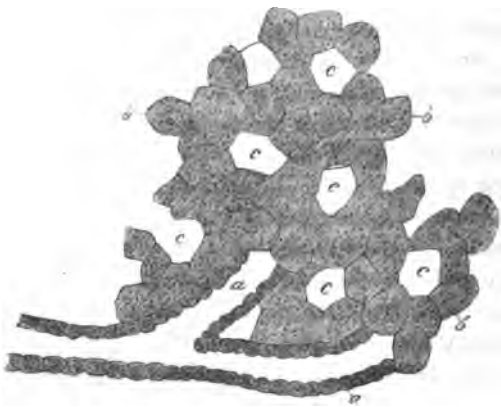
Chez les animaux plus complexes, il se développe sur les côtés du tube digestif des conduits plus ou moins fins, simples ou ramifiés, à la face interne desquels se trouve une couche de cellules hépatiques colorées, de même nature que celles qui tapissent une partie de la cavité digestive des animaux les plus inférieurs. Ces cellules versent d'abord leur contenu dans les tubes qui, à leur tour, le conduisent dans l'estomac ou dans l'intestin. Le nombre, la situation, la forme, les rapports, le mode et le lieu d'insertion de ces tubes hépatiques, offrent une foule de variétés. Ils sont arborescents dans la plupart des insectes, disposés en grappes dans les astéries, irrégulièrement étalés sur l'intestin dans divers articulés, groupés en faisceaux chez les écrevisses, étalés en réseau autour de l'estomac chez les annélides, ou enfin, rassemblés en une petite masse chez les scorpions. Ce deuxième état conduit tout naturellement à la forme compliquée que prend le foie des mollusques et des vertébrés.

Dans ces derniers, l'organe hépatique se présente sous l'aspect d'une masse volumineuse, compacte, qui semble résulter de la réunion de petites granulations formées elles-mêmes par des cellules, des canaux excréteurs, des vaisseaux de divers genres, des nerfs et du tissu cellulaire ; mais, en dernière analyse, la composition du foie peut être ramenée aux éléments essentiels qui le forment primitivement.

Les cellules hépatiques pourvues d'un noyau et d'un nucléole, sont inégalement polygonales, serrées les unes contre les autres, disposées en réseaux ou groupées en petites séries linéaires plus ou moins sinueuses : elles contiennent des corpuscules ténus, de la graisse et les divers éléments de la bile. Suivant les uns, ces cellules seraient placées à la face interne des canalicules sécréteurs les plus déliés et leur formeraient une sorte d'épithélium ; elles disparaîtraient, pour faire place à de véritables cellules épithéliales, une fois que les canaux biliaires, devenus volumineux, sont exclusivement affectés à l'excrétion de la bile. D'après les micrographes qui partagent cette manière de voir, la membrane des conduits, tapissée par les cellules, est mince, transparente, homogène, et si difficile à reconnaître, qu'elle a échappé aux recherches de beaucoup d'observateurs. Suivant d'autres anatomistes, Müller, Dujardin, Kölliker, les cellules seraient disposées en réseaux ou en séries, mais en dehors des canalicules biliaires, et elles laisseraient entre elles des espaces libres pour le passage de ces canalicules et pour celui des vaisseaux. D'après ce der-

nier (fig. 84), les canalicules biliaires, destinés à recevoir la bile qui s'échapperait par transsudation des cellules, prendraient naissance au milieu des réseaux cellu-

Fig. 84 (*).



laires ; ils seraient seulement, à leur origine et dans leurs parties les plus déliées, formés par un simple épithélium, en dehors duquel se développeraient, au niveau des parties plus larges, une tunique muqueuse, une fibreuse, et plus tard encore, une membrane musculaire.

Quoi qu'il en soit, ces cellules constituent l'élément essentiel, primordial du tissu hépatique ; ce sont elles qui élaborent le fluide biliaire et le versent peu à peu dans les canalicules excréteurs. Ceux-ci, à leur origine, ont un diamètre de 2 à 6 centièmes de millimètre ; ils sont constitués par une membrane très mince et s'anastomosent entre eux de manière à former un réseau, dans les mailles duquel seraient groupées les cellules hépatiques. Par suite de cette remarquable disposition réticulée des canaux biliaires, analogue à celle des capillaires sanguins, le foie se présente comme le type d'une classe de glandes à part différent des autres, dont les canaux excréteurs, plus ou moins sinueux, simples ou ramifiés, se terminent tous en cul-de-sac.

Les cellules hépatiques, les canalicules excréteurs, en s'associant par le moyen du tissu cellulaire aux branches afférentes et efférentes de la veine porte, c'est-à-dire aux veines sous-hépatiques, sus-hépatiques, et enfin, aux divisions artérielles, forment les granulations du foie ou les lobules hépatiques. L'association de ces divers éléments a fait le sujet de nombreuses études micrographiques, dont les plus récentes concordent assez bien entre elles, du moins, quant aux points principaux.

D'après ces recherches, les branches afférentes de la veine porte, ou veines sous-hépatiques, arriveraient à la circonférence du lobule, l'entoureraient d'un cercle dont les divisions pénétrant dans l'intérieur de ce lobule, s'y réduiraient en un réseau capillaire ; les artères, très déliées à l'extérieur du lobule, s'y perdraient bientôt, surtout sur les parois des veines et des canaux biliaires. Au centre de ce lobule,

(*) Fig. 84 représentant d'après Kölliker les cellules et les canalicules hépatiques : A, canaux les plus fins; B, amas de cellules; C, lacunes pour le passage des vaisseaux.

naîtrait la veine sus-hépatique, dont les radicules font suite aux ramuscules de la veine extérieure. Dans toute l'étendue de la petite masse glanduleuse se trouverait le réseau des canalicules excréteurs dont les branches deviendraient très fortes en arrivant à la circonférence. Enfin, dans les mailles du réseau des canalicules biliaires et dans celles du réseau capillaire sanguin, seraient disséminées les cellules hépatiques, si l'on en croit les observateurs qui ne les admettent pas à l'intérieur même des canaux biliaires. Le lobule, ainsi constitué, renferme tout ce que contient le foie considéré en masse; c'est un petit foie indépendant, d'un volume et d'une forme variables, plus ou moins distinct suivant les espèces, généralement jaunâtre au centre, occupé par le réseau du canalicule biliaire, et rouge à la circonférence sur laquelle s'étalent les plus gros vaisseaux sanguins.

La sécrétion, effectuée dans le tissu du foie, puise ses matériaux dans le sang de la veine porte et dans celui de l'artère hépatique, car le foie jouit du privilége de recevoir à la fois du sang veineux et du sang artériel, privilége singulier que le rein semble seul partager chez les vertébrés ovipares. La question de savoir si la sécrétion biliaire se fait aux dépens de l'un de ces sangs ou aux dépens des deux, a été depuis longtemps, et est encore actuellement le sujet de vaines disputes parmi les physiologistes; elle peut être résolue maintenant sans difficulté, d'après les connaissances précises que la science possède sur le mode suivant lequel les matériaux du sang sont distribués aux tissus pour leur nutrition ou leurs sécrétions; enfin, elle peut l'être, dans de certaines limites, par la voie expérimentale.

D'abord, l'artère hépatique fournit incontestablement une partie des éléments de la bile, mais elle ne peut en fournir qu'une proportion assez minime, en raison de son faible volume. Le sang artériel qui donne les matériaux de toutes les autres sécrétions, ne se trouve placé ici dans aucune condition qui l'empêche de prendre part à la formation de la bile. Il est dans le foie distribué de la même manière que dans tous les autres organes sécréteurs; car les petites artérioles se terminent par des capillaires dans les lobules hépatiques, et ces capillaires se continuent avec les radicules des veines sus-hépatiques. Le plasma de ces capillaires s'échappe à travers leurs parois, comme il le fait dans les autres glandes; il baigne de toutes parts les cellules et les parties les plus déliées des canalicules excréteurs; il imprègne les parois de ces cellules et de ces canaux qui l'élaborent et forment à ses dépens le fluide biliaire. Ce plasma a dans le foie la composition et les propriétés qu'il possède ailleurs, il se mêle à celui qui vient de la veine porte et se trouve employé en même temps que ce dernier à la sécrétion biliaire. Ces propositions sont tellement évidentes qu'elles n'exigent pas de démonstration directe; mais celle-ci est donnée par les anomalies dans lesquelles le sang artériel seul se distribue au foie. Plusieurs fois on a vu, en effet, la veine porte se terminer dans la veine cave sans traverser le foie. Le cas le plus remarquable de ce genre a été observé, par Abernethy, chez une petite fille de dix mois, sur laquelle la veine porte s'ouvrait dans la veine cave postérieure près des émulgentes; la vésicule biliaire renfermait de la bile, et le contenu de l'intestin était teint en jaune. J'ai essayé de reproduire expérimentalement l'anomalie que je viens de rappeler; car la ligature de la veine porte, s'opposant au retour vers le cœur de tout le sang apporté dans les viscères digestifs, est promptement mortelle. Dans ce but, j'ai lié le tronc de la veine porte puis adapté à ce

tronc, immédiatement en arrière de la ligature, l'une des extrémités d'un tube recourbé, dont l'autre s'abouchait dans l'une des veines émulgentes du côté de la veine cave. Les trois chiens sur lesquels l'expérience a été pratiquée n'ont guère vécu plus d'une heure et demie, soit que le tube ne fût pas assez large et ne s'entretînt pas parfaitement libre, soit que le tronc de la veine cave postérieure ne pût à lui seul donner intégralement passage au sang qu'il charrie et à celui du système de la veine porte. Mais le brusque changement apporté dans la vitalité du foie par la suspension subite de la circulation veineuse de cet organe, a arrêté la sécrétion: le petit appareil fixé au canal cholédoque n'a reçu, pendant le temps qui s'est écoulé depuis la ligature de la veine porte, que quelques gouttes de bile qui peut-être se trouvaient déjà dans les canaux au moment de l'opération, et qui ne pouvaient venir de la vésicule dont le col avait été préalablement lié. Un tel résultat ne prouve rien contre la participation du sang de l'artère hépatique à la sécrétion biliaire; il n'ôte rien non plus à la vraisemblance de l'exception signalée par Abernethy, car dans ces deux cas, semblables en apparence, les conditions sont loin d'être identiques : dans le premier, qui dérive d'une aberration de développement, l'artère hépatique a pris peu à peu un volume proportionnel à celui du foie; dans le second, produit brusquement et compatible seulement pendant quelques instants avec la vie, le foie éprouve une soustraction brusque d'une énorme quantité de sang que l'artère ne peut fournir seule, en raison de son petit calibre.

Quant à la veine porte, elle fournit aussi incontestablement une partie, et la plus grande, des matériaux de la bile, car elle distribue au foie une quantité de sang égale à celle que les artères gastrique, splénique et intestinales envoient aux viscères digestifs de l'abdomen. Elle se ramifie dans le tissu du foie de la même manière que l'artère hépatique; ses branches afférentes donnent naissance à un système capillaire, auquel succèdent les veines sus-hépatiques qui vont se jeter dans le tronc de la veine cave à son passage dans la scissure antérieure; le plasma qui s'échappe de ses capillaires baigne les cellules et les tubes excréteurs; il se mêle là avec celui qui provient des divisions dernières de l'artère hépatique; il est employé là indistinctement avec le dernier, mais en plus forte proportion, parce qu'il est le plus abondant et parce qu'il renferme une plus grande somme de principes propres à la formation de la bile.

L'expérience démontre d'ailleurs clairement la participation du sang de la veine porte à la production de la bile, et cela de deux manières : ou par les effets de la ligature de cette veine, ou par ceux de la ligature de l'artère hépatique. Ainsi, d'une part la ligature de la veine porte suspend tout à fait ou à peu près la sécrétion de la bile. M. Simon a vu cette suspension se produire immédiatement sur des pigeons. Je l'ai vue aussi moi-même à peu près complète sur des chiens dont j'avais lié simplement la veine porte, ou sur d'autres chez lesquels j'avais fait passer dans la veine cave, par l'une des émulgentes, le sang de la porte, car dans les deux cas les animaux peuvent vivre une heure, une heure et demie et quelquefois plus à la suite de l'opération; la fistule établie au canal cholédoque, après la ligature préalable du col de la vésicule, ne donnait alors que quelques gouttes de bile. D'autre part, lorsque le sang de la veine porte est seul distribué au foie, l'artère hépatique étant liée, il entretient parfaitement la sécrétion. Malpighi, le premier, a constaté ce fait,

M. Simon l'a reproduit récemment sur des pigeons, et j'ai pu à mon tour en reconnaître l'exactitude sur le cheval; j'ai vu la sécrétion continuer pendant douze heures et jusqu'au moment de la mort, sur un cheval auquel j'avais lié l'artère près de son origine et ensuite près de son immergence dans le foie, afin qu'elle ne pût rien recevoir par l'intermédiaire de ses anastomoses. Une sonde adaptée au canal choédoque et amenée hors de l'abdomen laissait couler, sous mes yeux, le fluide produit uniquement aux dépens du sang de la veine porte.

Dès l'instant que la sécrétion de la bile cesse ou à peu près, quand la veine porte ne donne plus de sang au foie et qu'elle continue, lorsque le sang de cette veine seul y est distribué, il est clair qu'il prend part à leur sécrétion, comme le professent, du reste, M. Bérard et tous les physiologistes judicieux. Ce sang y contribue beaucoup plus que celui de l'artère hépatique, et parce qu'il est en plus forte proportion que ce dernier, et parce qu'il a une composition mieux appropriée au rôle de la sécrétion hépatique. Ce sang, qui a été chargé par l'absorption gastrique et intestinale d'une foule de matières hétérogènes, n'arrive au cœur et au poumon qu'après avoir traversé le système vasculaire du foie, où il éprouve une filtration d'une espèce particulière, une dépuration plus ou moins complète. Le foie semble placé là comme une barrière sur la voie que prennent les matières étrangères pour parvenir au foyer de la sanguification : cet organe opère parmi elles une espèce de triage et les modifie peu à peu, puis les élimine sous forme de bile.

On pourrait juger du changement que le foie a fait subir au sang de la veine porte, si les chimistes avaient examiné comparativement le sang qui pénètre dans cet organe et celui qui en sort; malheureusement l'attention n'a pas encore été bien fixée sur ce point. Simon a trouvé dans le sang de la veine porte du cheval un peu moins d'eau, de fibrine que dans le sang artériel du même solipède, il y a trouvé plus de graisse, plus d'albumine, de matière colorante, de matières extractives et de sels, comme le montre l'analyse suivante :

	Sang de la veine porte.	*Sang artériel.*
Eau.	724,972	760,084
Résidu solide. . . .	257,020	239,952
Fibrine.	8,370	11,200
Graisse.	3,186	1,856
Albumine.	92,400	78,880
Hématosine. . . .	6,600	4,827
Mat. extract. et sels	11,880	6,960

M. Lehmann (1) a analysé comparativement le sang de la veine porte des chevaux et des chiens avant son entrée dans le foie et le sang qui sort de cet organe par les veines sus-hépatiques; il a trouvé que le sang après avoir traversé le foie a perdu toute sa fibrine, une partie de son albumine, de sa matière colorante, de son fer et de sa graisse; en revanche ce sang aurait, après ce passage, plus de globules blancs, de globules rouges et de matières extractives. Ces différences, fort remarquables, si elles sont réelles et si elles portent sur du sang pris dans les conditions normales et recueilli avec soin, peuvent jeter du jour sur les fonctions du foie;

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 12 mars 1855. — Cl. Bernard, *Leçons de physiologie expérimentale*, Paris, 1855, pag. 462 et suiv.

néanmoins elles me semblent ne pas avoir été déterminées d'après du sang tel que celui qui coule dans les veines sus-hépatiques ; car, en voulant m'assurer de l'absence de la fibrine dans ce sang, j'en ai recueilli sur le cheval avec précaution et je l'ai vu se coaguler comme celui des autres veines, ce qui ne serait pas arrivé s'il eût été privé de fibrine. Quoi qu'il en puisse être à cet égard, l'auteur de ces analyses en tire la conclusion que la fibrine est employée dans le foie à la formation du sucre, et la matière colorante à la production de celle de la bile.

Le mécanisme du travail formateur de la bile est un point encore très difficile à éclaircir, malgré les découvertes dont la micrographie et l'analyse chimique ont enrichi la science. D'abord on ne sait pas positivement si ce sont à la fois les cellules et les canalicules biliaires qui sécrètent la bile, ou si ce rôle n'appartient qu'à l'un de ces deux éléments du tissu hépatique ; ensuite on ignore si ces cellules, dont la participation au travail sécréteur paraît réelle, se détruisent à mesure qu'elles se remplissent pour être remplacées par des cellules nouvelles, ou bien si, étant persistantes, elles laissent simplement exsuder à travers leurs parois le fluide qu'elles ont élaboré.

Dans l'hypothèse où les cellules hépatiques du foie des animaux supérieurs seraient placées à la face interne des canalicules biliaires, comme elles le sont chez les animaux inférieurs, à la face interne des tubes ou des cœcums biliaires, il est rationnel d'admettre que les parois de ces canaux séparent un fluide plastique, un cytoblastème et l'exhalent à leur intérieur. Aux dépens de ce plasma s'organiseraient des cellules qui se rempliraient de liquide, et, par suite de leur action métabolique propre, transformeraient celui-ci en bile ; ces cellules, arrivées à leur maturité, entreraient en dissolution, laisseraient échapper leur contenu, et à leur place se développeraient des cellules nouvelles destinées à éprouver une destruction semblable. Les choses se passeraient ainsi dans le foie, comme elles se passent évidemment, d'après les observations de Henle et d'autres micrographes, dans les testicules et certaines glandes sébacées, par exemple. De cette manière, la sécrétion serait dans les animaux les plus parfaits ce qu'elle est, suivant Goodsir, dans les animaux inférieurs.

Si, au contraire, les cellules sont en dehors des canalicules et en rapport seulement avec la surface extérieure de ceux-ci, il semble plus logique d'admettre, avec Kölliker, que ces cellules, baignées de toutes parts par le plasma épanché hors des vaisseaux, attirent, en vertu d'une sorte d'affinité élective spéciale, les éléments de la bile qu'elles modifient pour les laisser échapper ensuite par une sorte de transsudation dans les canalicules les plus déliés, d'où elle est charriée peu à peu vers le canal excréteur principal. Alors les mêmes cellules rendues permanentes formeraient continuellement de la bile et en laisseraient échapper aussi d'une manière incessante. Il faut espérer que les progrès ultérieurs de la science ne tarderont pas à faire reconnaître celui de ces deux modes d'après lequel s'effectue la sécrétion biliaire.

Quel que puisse être son mode, la sécrétion biliaire a des caractères particuliers, une physionomie spéciale qui la rapprochent des sécrétions dépuratives. Le premier de ces caractères est sa continuité. La formation de la bile est incessante. Déjà pendant la vie fœtale et à partir d'une époque assez rapprochée de la conception, le foie entre en exercice ; il continue à agir sans aucune interruption dans les conditions les plus diverses. Sa sécrétion n'augmente pas considérablement pendant la digestion gastrique ou intestinale ; elle conserve une grande activité pendant l'abstinence.

persiste jusqu'aux derniers moments de la vie chez les animaux inanitiés ; elle s'entretient pendant les vives douleurs de la congestion intestinale et de la péritonite, qui se développent surtout chez les solipèdes, à la suite des délabrements que nécessite l'établissement d'une fistule biliaire ; enfin elle ne cesse pas, même quand le foie prend part à la vive irritation de tous les viscères intestinaux.

Cette sécrétion est lente et peu abondante relativement au volume énorme du foie, qui représente en moyenne de la soixante-quinzième à la quatre-vingt-cinquième partie du corps dans le cheval, de la vingt-cinquième à la trentième partie dans le chien ; elle l'est peu aussi relativement à la masse de sang qui traverse ce viscère ; la parotide, dont le tissu est moins vasculaire que celui du foie, sécrète en une heure pendant le repas dix fois son poids de salive, tandis qu'en vingt-quatre heures le foie produit tout au plus un poids de bile de une à deux fois égal au sien propre. Ce dernier organe, s'il avait une sécrétion proportionnellement aussi active que les parotides, donnerait de 120 à 240 fois autant de bile qu'il en fabrique réellement. Une telle lenteur indique sans aucun doute que la bile ne se forme que par une longue élaboration, et elle se concilie très bien avec le fait connu depuis longtemps, du long séjour dans le tissu hépatique des poisons et des substances étrangères qui y ont été apportées par les vaisseaux. On conçoit parfaitement du reste qu'un fluide aussi complexe que l'est la bile, demande pour sa préparation un temps plus long que beaucoup de produits qui renferment seulement de l'eau, certains principes contenus déjà dans le sang et les sels de ce dernier liquide.

La continuité de la sécrétion biliaire, l'abondance de son produit pendant les intervalles de la digestion, même chez les animaux où l'absence de vésicule empêche que ce fluide soit mis en dépôt pour s'écouler lors du travail digestif ; la persistance de cette sécrétion pendant l'abstinence prolongée et pendant le cours des maladies, lui donnent la physionomie d'une sécrétion dépurative. Aussi, plusieurs physiologistes ont-ils considéré la bile comme un produit purement excrémentitiel et sans aucune utilité pour la digestion. M. Blondlot (1) a surtout défendu cette idée en s'appuyant le premier sur des expériences ingénieuses ; mais ce savant, trop préoccupé du rôle important que la sécrétion biliaire joue relativement à la dépuration du sang, a un peu négligé la part, encore très obscure il est vrai, que la bile peut prendre au travail de la digestion intestinale.

Les modifications que peut présenter la sécrétion biliaire quant à ses caractères, aux propriétés et à la composition de son produit, sont encore peu connues faute d'études expérimentales tentées sur divers animaux et d'analyses comparatives. Les modifications relatives au mode de sécrétion, si elles peuvent être nombreuses dans les diverses classes d'animaux, le sont très peu parmi nos espèces domestiques, si j'en juge du moins par les expériences que j'ai pu exécuter sur le cheval, l'âne, le taureau, le veau, le bélier, le porc et le chien, car chez tous la sécrétion est continue sans éprouver d'oscillations bien sensibles dans les différentes conditions physiologiques. On pense généralement que cette sécrétion est plus abondante en été

(1) *Traité analytique de la digestion considérée particulièrement dans l'homme et dans les animaux vertébrés*, Paris, 1843. — *Essai sur les fonctions du foie et de ses annexes*, Paris, 1846. — *Inutilité de la bile dans la digestion*. Paris, 1851. — *Recherches sur la digestion des matières grasses*. (Thèse de la Faculté des sciences de Paris, 1855.)

qu'en hiver, plus dans les climats chauds que dans les pays froids ; quelques auteurs la disent accrue par la nourriture animale, l'usage des substances grasses ou résineuses. La bile m'a paru d'autant plus épaisse et plus visqueuse, que la sécrétion se trouvait moins abondante ; sa couleur est vert-olive chez le cheval et le bœuf, d'un vert teinture d'iode chez le porc, d'un beau vert d'émeraude chez le mouton. Gmelin a trouvé proportionnellement plus de sucre que de résine dans la bile du chien comparée à celle du cheval ; celle des poissons contient, d'après le même chimiste, beaucoup de parties fixes, beaucoup de mucus et pas de graisse ; celle d'un serpent indien, examinée par Berzelius, ne contenait pas de mucus ni de cholestérine. Dans quelques cas, la bile se charge des substances étrangères injectées dans les veines ou de celles que l'absorption puise dans l'estomac, l'intestin, etc. C'est ainsi que Tiedeman, Gmelin et Jacobson ont retrouvé dans ce fluide le cyanure ferrico-potassique administré par des voies diverses, observation que nous avons faite aussi sur le cheval, M. H. Bouley et moi, dans des circonstances où une très petite quantité de ce sel avait pu pénétrer dans le torrent circulatoire. Une tache bleue apparaissait quand on versait sur la muqueuse du canal cholédoque une goutte de persulfate de fer. Il est probable qu'on aurait trouvé dans la bile aussi bien que dans l'urine un grand nombre de substances accidentellement introduites dans l'économie, si la composition compliquée et les propriétés de ce fluide ne rendaient la présence de ces substances très difficile à déceler. Je suis persuadé que le foie, placé sur la route que suivent les matières si hétérogènes puisées dans l'appareil digestif pour se rendre au foyer de l'hématose, arrête, sinon en totalité, du moins en partie, un grand nombre d'entre elles et les élimine avec la bile, soit en nature, soit après les avoir plus ou moins transformées. Il ne me paraît pas invraisemblable que la matière colorante jaune du sérum du sang, de la lymphe, de la sérosité des séreuses, de la synovie, soit simplement séparée du sang par le foie, qui l'éliminerait avec la bile ; il me semble aussi que cette matière colorante jaune, qui probablement donne naissance à celle de la bile, peut, quand elle n'est plus séparée par le foie malade, devenir prédominante, se déposer dans les tissus, et donner naissance à l'ictère.

L'influence du système nerveux sur la sécrétion biliaire n'est pas encore bien déterminée. Comme elle est exercée par les nerfs ganglionnaires et les filets du pneumo-gastrique, et comme ces nerfs pénètrent pour la plupart dans le tissu du foie en enlaçant l'artère hépatique, il est rationnel de croire que la section des nerfs vagues d'une part, et d'autre part l'application d'une ligature très serrée sur l'artère hépatique et sur son plexus ganglionnaire, peuvent éteindre, sinon complétement, du moins en très grande partie, l'action excitatrice de ces nerfs. C'est dans cette vue que j'ai reséqué les vagues sur plusieurs chevaux auxquels j'avais pratiqué la trachéotomie et établi une fistule au canal cholédoque, tandis que sur un autre j'ai placé deux ligatures très serrées à quelques centimètres de distance afin de priver les nerfs du plexus hépatique de leur action conductrice. Or dans le premier cas, où l'influence des nerfs vagues était seule éteinte, je n'ai pas remarqué que la sécrétion biliaire fût sensiblement moins abondante qu'elle l'est d'habitude sur les sujets à fistules ; dans le second, où l'influence des vagues et des nerfs ganglionnaires [illegible] fois annihilée, la sécrétion a également continué ; mais dans cette

dernière circonstance, les nerfs très fins qui entourent la veine porte pouvaient suffire au travail sécréteur de la glande.

La bile, indépendamment de ses usages relatifs à la digestion, paraît jouer un grand rôle en ce qui concerne la dépuration du sang et l'entretien de la chaleur animale. Ce fluide, que Liebig considère comme formé, chez les herbivores et les omnivores, par les principes non azotés, tels que la fécule, le sucre, les graisses, et par une matière azotée protéique dérivée, soit des aliments, soit du sang ou des tissus transformés, contient des produits très carbonés associés à de la soude. A mesure qu'elle est versée dans l'intestin, elle se mêle aux divers fluides que contient cet organe, et elle s'étale sur une immense surface qui en opère peu à peu l'absorption. Une fois revenue dans le torrent circulatoire, elle y serait insensiblement brûlée pour l'entretien de la chaleur animale; son carbone serait rejeté par la peau et les voies pulmonaires sous forme d'acide carbonique, et son hydrogène formerait de l'eau destinée à être éliminée par les mêmes voies.

Un tel rôle dévolu à la bile semble, à première vue, peu conciliable avec ce qu'on sait sur le mode d'élimination des produits de sécrétions dépuratives. L'esprit éprouve quelque répugnance à admettre qu'un fluide à composition très compliquée, et sécrété très lentement, soit destiné à rentrer dans la masse du sang dont il provient, pour y être consumé peu à peu, notamment dans les systèmes capillaires. Cependant, à y bien réfléchir, on voit qu'en principe cette résorption progressive de la bile qui s'étale sur l'immense surface intestinale et cette combustion graduelle de ce fluide réadmis dans le sang n'ont rien d'invraisemblable. D'ailleurs, l'analyse chimique démontre que la bile est résorbée, sinon en totalité, du moins en très grande partie. Les excréments des carnivores, d'après le savant chimiste que je viens de citer, ne contiennent ni soude, ni bile, ni rien qui ressemble à ce liquide. Ces matières, de quelque espèce qu'elles proviennent, contiennent seulement un peu de chlorure de sodium et de sulfate de soude, sans trace d'aucune autre combinaison sodique. Cette soude est donc résorbée avec le reste, et plus tard, quand elle est dégagée de sa combinaison avec les principes biliaires, elle est éliminée par les urines sous forme de carbonates et de phosphates. Toutefois, il reste dans les matières excrémentitielles une petite proportion de bile qu'on a évaluée pour l'homme à 10 grammes en vingt-quatre heures, d'après les analyses de Berzélius; il en reste aussi une petite quantité dans celles du cheval, du bœuf et du mouton, ainsi que l'ont fait voir les recherches de plusieurs expérimentateurs.

S'il en est ainsi, la bile pourrait jouer un triple rôle : servir à la digestion, à la dépuration du sang et à la combustion respiratoire. Elle serait versée à l'entrée de l'intestin pour s'y mêler immédiatement aux matières chymifiées qui sortent de l'estomac, et avoir le temps d'être saisie peu à peu par les absorbants qui prennent à la fois les boissons, les matériaux du chyle, enfin les produits des sécrétions gastrique et intestinale, dont l'office est rempli.

Sucre.

Dans les actes de la végétation, les plantes forment, aux dépens des éléments du sol et de l'atmosphère, un grand nombre de principes immédiats, par-

sucre se trouve en abondance. Ce sucre, que les herbivores prennent en grande quantité avec leurs aliments, passe dans le sang avec celui qui résulte de la métamorphose des matières amylacées; mais, de plus, il se produirait dans le foie, d'après les recherches de M. Cl. Bernard, une proportion notable de ce principe aussi bien chez les carnassiers, qui n'en trouvent pas dans leurs aliments, que chez les herbivores, qui en prennent une masse souvent supérieure à celle des matières azotées. C'est cette formation du sucre dans le foie que je vais essayer de décrire d'après M. Bernard, qui en a fait la découverte (1).

Le foie de la plupart des animaux, de l'homme, des singes, des carnassiers, des rongeurs, des ruminants, des solipèdes, des oiseaux, des reptiles, des poissons et des mollusques, renferme du sucre, ou du moins une matière qui se comporte comme le glucose, le sucre de lait et celui des fruits. Le décoctum de tissu hépatique filtré, brunit par l'action des alcalis, réduit le sel de cuivre du réactif cupropotassique, dévie à droite la lumière polarisée, et enfin donne naissance, par la fermentation, à de l'alcool et à de l'acide carbonique. Le foie de tous les animaux contient de cette matière sucrée, soit chez les carnassiers exclusivement nourris de chair, soit chez les herbivores pendant la vie fœtale comme pendant la vie extra-utérine, durant l'abstinence aussi bien que dans les conditions normales de l'alimentation. Sa quantité, soumise à quelques variations, pourrait s'élever jusqu'à quatre centièmes du poids du foie, mais en général elle est de 1 1/2 à 2 pour 100 chez les mammifères et les oiseaux; elle a été de 41^{gr},87 dans le foie d'un bœuf pesant 5300 grammes. Aucun tissu, ni le poumon, ni la rate, les reins, les muscles, ne donnent de matière sucrée, et aucun des fluides animaux n'en contiendrait excepté le lait, le liquide céphalo-rachidien à l'état normal, et l'urine des diabétiques.

Il y a donc dans le foie du sucre, ou du moins une matière qui donne les réactions du glucose. Cette matière sucrée est-elle formée dans le foie même ou bien est-elle amenée à cet organe par la veine porte, qui l'aurait prise dans l'appareil digestif? C'est par les expériences suivantes que M. Bernard prétend démontrer que ce sucre se produit dans le foie.

Des chiens nourris exclusivement avec de la chair dépourvue de sucre pendant six à huit mois, et des oiseaux de proie pris dans leurs nids, puis nourris pendant plusieurs mois avec de la chair crue de bœuf, possèdent encore dans le foie, au bout de ce laps de temps, une quantité de sucre à peu près égale à celle qui s'y trouve à l'état normal; le foie des premiers en contenait 1^{gr},90, et celui des seconds 1^{gr},50 pour 100. Ce fait remarquable suffirait donc déjà à prouver qu'il se produit du sucre dans l'économie, puisque le foie en renferme de grandes quantités, bien qu'il n'en puisse pas recevoir par l'alimentation. Il serait déraisonnable d'admettre que le sucre qui existe alors dans le tissu hépatique provient d'une alimentation antérieure, car un principe aussi soluble et aussi destructible que le sucre ne pourrait y demeurer fixé si longtemps et en proportion si considérable.

De plus, et ceci est une expérience décisive, des chiens soumis pendant longtemps au régime exclusif de la chair et sacrifiés trois à quatre heures après le repas, auraient du sucre dans le sang qui sort du foie et non dans celui qui aborde à cet organe.

(1) *Leçons de physiologie expérimentale faites au collége de France*, semestre d'hiver 1854-1855, Paris; 1 vol. in-8, avec fig.

Pour mettre le fait en évidence, M. Bernard tue l'animal en lui enfonçant un stylet dans la moelle épinière, en arrière de l'occipital, puis, par une petite incision à l'abdomen, il lie le tronc de la veine porte en arrière du foie, ouvre ensuite largement le ventre et le thorax pour appliquer une seconde ligature à la veine cave postérieure en arrière du cœur, et une semblable sur la même veine immédiatement en avant des émulgentes. Alors on recueille séparément le sang de la veine porte, en arrière de la ligature qui est appliquée sur elle, et celui que les veines sus-hépatiques versent dans la grande scissure antérieure du foie. De ces deux sangs jetés chauds sur un filtre de charbon purifié qui les décolore, le premier n'exerce aucune réduction de la liqueur cupro-potassique, et par conséquent ne contient pas de traces de sucre; le second, au contraire, détermine une réduction abondante et fermente lorsqu'on le met en contact avec de la levûre de bière. Et comme le sang amené dans le foie par la veine porte ne contient pas de sucre et que le sang emporté de cet organe par les veines sus-hépatiques en contient, il faut bien admettre que ce sucre vient du foie lui-même.

Le mode suivant lequel le sucre se forme dans le foie et les caractères appréciables de cette sécrétion glycogénique sont déterminés minutieusement par M. Bernard.

La sécrétion du sucre dans le foie paraît indépendante de la sécrétion de la bile. Au lieu de marcher parallèlement, elles semblent alterner l'une avec l'autre; l'une s'arrête jusqu'à un certain point lorsque l'autre jouit de toute son activité. Le chien sur lequel on a établi une fistule biliaire à la vésicule, après ligature préalable du canal cholédoque donne très peu de bile pendant la digestion, mais la fistule en laisse écouler de grandes quantités six à sept heures après le repas une fois la digestion entièrement achevée. Au contraire, le sucre est charrié par les veines sus-hépatiques en grande proportion trois ou quatre heures après le repas, lorsque la digestion intestinale est très active, et il y est versé en quantité de moins en moins considérable à mesure que le travail digestif se ralentit. Chez les limaces, l'espèce d'antagonisme qui semble exister entre ces deux sécrétions devient extrêmement manifeste quelque temps après le repas, et aussitôt que les aliments ont été poussés de l'estomac dans l'intestin, le premier viscère se remplit peu à peu d'un liquide clair et sucré qui y est amené par le canal cholédoque ouvert tout près du pylore; puis une fois la digestion intestinale à peu près achevée, le fluide sucré versé dans l'estomac se résorbe, et le canal cholédoque laisse couler dans l'intestin un fluide brun dépourvu de sucre et présentant tous les caractères de la bile.

La sécrétion du sucre éprouve des oscillations nombreuses en rapport avec l'activité de la digestion, l'abondance ou la privation des aliments, l'état du tissu hépatique, l'état général de l'organisme et en particulier du système nerveux.

Cette sécrétion, très abondante chez les animaux bien nourris et pendant la digestion, diminue progressivement à mesure que la digestion devient languissante; enfin elle cesse de s'effectuer dans les trois ou quatre derniers jours qui précèdent la mort par inanition. Il suffit de trente-six à quarante-huit heures d'abstinence pour que le foie des chiens ait perdu environ la moitié du sucre qu'il renferme dans les conditions ordinaires. Le foie des rats et des lapins en est privé du quatrième au huitième jour de l'abstinence, et en deux jours celui des petits oiseaux en est complétement dépourvu, mais les reptiles en conservent encore cinq à six semaines après leur der-

nier repas, et une marmotte engourdie, privée d'aliments depuis trente-neuf jours, en présentait encore à peu près autant qu'à l'état normal. La nature de l'alimentation influe très sensiblement sur la production du sucre dans le tissu hépatique. Des chiens préalablement soumis à l'abstinence, afin de débarrasser l'intestin du résidu des digestions antérieures, furent nourris les uns avec du lard et de l'axonge, les autres avec des pieds de mouton et d'autres encore avec de la fécule : les chiens qui eurent de la graisse n'avaient dans le foie, après quelques jours de ce régime, que de 0,57 à 0,88 pour 100 de sucre. Ceux qui furent nourris avec des pieds de mouton en donnèrent de 1,33 à 1,65, enfin ceux entretenus avec de la fécule en fournirent de 1,25 à 1,88. Les matières grasses laisseraient donc la production du sucre à peu près ce qu'elle est pendant l'abstinence ; elles ne contribueraient en rien à la formation du sucre ; mais les matières albuminoïdes seules seraient destinées à la formation de ce principe.

Quant aux matières féculentes et au sucre qui sont apportés par l'alimentation, ils resteraient tout à fait étrangers à la formation glucogénique. M. Bernard dit en maints endroits que l'ingestion des matières sucrées ou féculentes n'augmente pas la quantité de sucre dans le foie ou dans l'économie. Le sucre qui existe dans les matières alimentaires ou celui qui résulte de la métamorphose de la fécule dans les voies digestives, en arrivant dans le foie, y serait détruit, transformé en une substance chyleuse émulsive qui paraît être de la graisse associée à une matière protéique, de telle sorte qu'il ne sortirait des veines sus-hépatiques que le sucre formé dans le tissu du foie.

La formation du sucre dans le foie devient plus abondante lorsqu'on irrite la moelle allongée par une piqûre faite vers l'origine des nerfs pneumo-gastriques ; elle le devient même alors à un degré tel, que ce sucre ne pouvant être brûlé dans le poumon à mesure qu'il y arrive, se répand dans le sang en grande quantité et est éliminé par les urines comme cela arrive dans le diabète. Cette formation est au contraire ralentie et bientôt supprimée sous l'influence de causes très diverses. Ainsi elle s'éteint chez les lapins en douze à quinze heures après la section des nerfs vagues, elle diminue rapidement et cesse pendant le cours des affections aiguës, surtout de celles qui s'accompagnent d'une vive réaction fébrile, et, après la mort qui termine ces maladies, le foie est totalement dépourvu de sucre. Les opérations douloureuses, les souffrances très vives ont le même résultat ; enfin le froid auquel on expose les animaux, la température très élevée, les enduits appliqués à la surface de la peau dans le but de suspendre la transpiration cutanée, font cesser souvent en quelques heures la production du sucre.

Le sucre fabriqué dans le foie et versé dans les veines sus-hépatiques vient se mêler à celui de la veine cave postérieure, à son passage dans la scissure antérieure du foie, et de là il se rend au cœur droit, où il est mêlé à celui de toutes les parties du corps ; enfin, il est porté dans le poumon, où il se détruit par le fait de la respiration. D'après cela, il est facile de comprendre que le sang pris dans les veines hépatiques mêmes soit le plus sucré de tous, puis celui de la veine cave, entre le foie et le cœur, où le sang hépatique est mêlé seulement à celui des parties postérieures du corps ; enfin, celui des cavités droites du cœur, où ce sang hépatique sucré est venu se mélanger à celui des diverses parties de l'organisme. C'est, en effet, ce que l'expérience démontre.

Mais si, en général, on ne trouve de sucre qu'entre le foie et le poumon, c'est-à-dire entre l'organe qui le produit et celui qui en opère la destruction, il arrive dans certaines circonstances que le sucre se répand en plus ou moins grande proportion dans toute l'étendue du système vasculaire. Ainsi, quelques heures après que le travail de la digestion s'est établi, la quantité de sucre qui est versée dans la circulation étant trop considérable pour être détruite à mesure, se disémine dans toutes les parties du système vasculaire et y persiste encore plusieurs heures après l'achèvement de la digestion. A part ces moments, il y a équilibre entre la production et la destruction : le sucre, constamment fourni par les veines hépatiques, disparaît une fois parvenu à l'organe respiratoire. Aucun fluide de sécrétion ne l'élimine, ni la salive, ni le fluide pancréatique, ni même la bile, qui n'en présenterait jamais la moindre trace. Le fluide céphalo-rachidien seul en serait constamment chargé.

Le sucre ainsi produit dans le foie serait détruit progressivement dans le poumon. En se formant, ce principe servirait à la production de la chaleur animale, qui, d'après M. Cl. Bernard, est plus élevée à l'abouchement des veines hépatiques dans la scissure antérieure du foie que partout ailleurs, et ensuite plus élevée dans les cavités droites du cœur que dans les cavités gauches. Le sucre se détruirait non par une oxydation ou une combustion, mais par une simple transformation en acide lactique.

Cette fonction glucogénique, que je viens d'exposer sommairement d'après M. Bernard (1), appartient au fœtus comme à l'animal qui jouit d'une existence indépendante. Dans les premiers temps de la vie utérine, à deux mois par exemple chez les veaux, il n'existe pas encore de sucre dans le foie; mais ce principe s'y trouve en quantité notable vers le quatrième ou le cinquième mois chez ces ruminants, et en général à mi-terme dans les autres animaux, et il y augmente à mesure qu'on s'approche de l'époque de la parturition. Le poumon et les muscles en contiennent également, mais dès les premiers temps, pour le perdre peu à peu à mesure que le développement de ces parties avance. L'urine, les liquides de l'amnios et de l'allantoïde en renferment aussi de très bonne heure, et bien avant qu'on n'en trouve dans l'organe hépatique. Toutefois, la peau, le cerveau, les nerfs, les glandes, etc., en paraissent totalement dépourvus.

Cet exposé du travail producteur du sucre dans l'organisme fait naître à l'esprit diverses réflexions sur lesquelles il importe de s'arrêter un instant. Les principales se rapportent au mode d'expérimentation, au fait en lui-même, et à l'interprétation qu'il est susceptible de recevoir.

D'abord on se demande si les moyens employés pour déceler la présence du sucre dans le sang et dans les tissus, notamment dans le foie, indiquent bien réellement l'existence de ce principe. Sans doute le réactif cupro-potassique ne donne pas à lui seul des indications d'une valeur absolue, puisque plusieurs substances, telles que la glycérine, la cellulose, la dextrine, l'acide urique, le tannin, jouissent comme le glucose de la propriété de réduire l'oxyde cuivrique qui entre dans la composition de cette liqueur; et d'ailleurs, il pourrait se faire que certains éléments du sang

(1) *Leçons de physiologie expérimentale.* Paris, 1855, in-8, fig.

eussent, comme le sucre, la propriété d'opérer la réduction. Mais il faut noter que le sang qui réduit la liqueur cupro-potassique donne de l'acide carbonique et de l'alcool par la fermentation, et que de plus il se comporte au polarimètre comme les liquides sucrés. Ces trois moyens, qui se contrôlent réciproquement, ne permettent guère de doutes sur la nature du principe recherché, néanmoins la certitude serait plus complète si l'on parvenait à isoler ce sucre en proportion assez considérable pour en constater directement l'identité.

En admettant, et le fait est à peu près certain, que les trois moyens précités indiquent bien réellement l'existence du sucre, il sera hors de doute que le foie et les veines sus-hépatiques contiennent de la matière sucrée, car dans toutes les conditions qui ont été indiquées, le tissu du foie et le sang des veines hépatiques réduisent l'oxyde de cuivre, donnent de l'alcool et de l'acide carbonique par la fermentation; mais est-il également incontestable que ce sucre du foie soit formé dans cet organe et qu'il n'y soit point apporté par l'artère hépatique ou par la veine porte. Ici le doute est permis en ce qui concerne les herbivores, chez lesquels le foie, dans les conditions normales, reçoit du sucre à la fois de la veine porte et de l'artère hépatique. Néanmoins, ce doute peut être facilement dissipé en ce qui a trait aux animaux exclusivement nourris de chair.

Chez les carnassiers nourris de chair, la veine porte amène bien au foie, comme M. Figuier l'a observé et comme je l'ai aussi reconnu moi-même, du sucre pendant la digestion; mais comme ce sucre, puisé dans l'intestin et versé dans le foie par la veine porte est en faible proportion, tandis que celui qui sort de cet organe paraît en quantité plus considérable, il semble que la plus grande partie du sucre emporté par les veines sus-hépatiques a été formée dans le foie lui-même. Toutefois, pour être autorisé à considérer le foie comme un organe condensateur où s'accumulerait le sucre qui lui est fourni par la veine porte, il faudrait démontrer qu'il en arrive à cet organe plus qu'il n'en sort, car s'il en reçoit continuellement pendant la digestion, il en donne aussi continuellement.

S'il y a bien réellement production de sucre dans le foie, cette production est-elle exclusivement localisée dans cet organe ou bien a-t-elle lieu en même temps en divers points de l'économie? Les expériences (1) que j'ai faites sur plusieurs espèces domestiques me paraissent établir que le sucre prend naissance dans plusieurs organes.

D'abord le sang artériel et le sang veineux de toutes les parties du corps contiennent, dans les conditions ordinaires, des quantités très notables de sucre chez les chevaux, les bœufs et les moutons. Ils en renferment même chez ces herbivores à jeun depuis un ou deux jours, et chez ceux dont la digestion a été suspendue pendant des journées entières par suite d'opérations chirurgicales très douloureuses, ce qui prouve que ce principe ne se détruit pas très rapidement sous l'influence de la respiration. N'ayant encore jusqu'ici observé aucune exception à ce fait, je crois que la présence normale du sucre dans le sang des herbivores, signalée autrefois par M. Magendie et récemment par M. Figuier, est incontestable.

Le sang artériel et le sang veineux paraissent en contenir l'un et l'autre suivant

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 11 juin 1855.

des proportions peu différentes. Celui qu'on obtient d'une large blessure aux gros vaisseaux de l'entrée du thorax en contient un peu plus que celui de la jugulaire ; celui qu'on retire du cœur et du tronc des veines caves immédiatement après la mort sur les ruminants sacrifiés par hémorrhagie, en renferme plus que les précédents. Enfin le sang des veines sus-hépatiques en présente, comme l'a reconnu M. Cl. Bernard, plus que le sang des autres parties du système vasculaire. Néanmoins, dans les opérations à l'aide desquelles on a dosé le sucre du sang des veines hépatiques, une cause d'erreur, entièrement méconnue, a fait exagérer la proportion du sucre de ces veines. Pendant le temps qui s'écoule entre l'instant de la mort et le moment où le sang est recueilli, ce fluide stagnant dans le foie s'y charge d'une quantité de sucre bien supérieure à celle qu'il possède lorsque la circulation s'effectue, sur l'animal vivant, avec sa vélocité ordinaire. C'est aussi par suite de cette stagnation que le sang du foie perd une grande partie de sa fibrine et de sa coagulabilité, car il se montre aussi fibrineux et aussi coagulable, d'après mes recherches, que celui des autres vaisseaux, si on le recueille pendant la vie ou seulement sur des animaux expirants.

Le sang de la veine porte des solipèdes contient généralement beaucoup de sucre, même pendant que la digestion est suspendue. Celui de la veine porte des carnivores, nourris exclusivement de chair à demi putréfiée, m'en a aussi montré une quantité notable pendant la digestion, et cela sur des animaux dont le tronc de la veine avait été rapidement lié ou serré par une pince à pression continue, afin de prévenir toute espèce de reflux du sang hépatique vers les viscères intestinaux.

Le chyle des chevaux et des chiens pris, soit dans le canal thoracique, soit dans la citerne sous-lombaire, immédiatement après la mort ou recueilli pendant la vie, au moyen d'un tube d'argent fixé à l'extrémité antérieure du canal, contient toujours du sucre. Il en est de même du chyle non mêlé à la lymphe, qu'on retire d'une fistule établie aux grands vaisseaux chylifères du mésentère des bêtes bovines, bien en dessous de leur abouchement dans la citerne. Ce sucre du chyle provient évidemment, chez les herbivores, de celui qui est tout formé dans les aliments ou qui s'y développe par la métamorphose des matières féculentes. Il doit, chez les carnassiers, prendre naissance dans l'appareil digestif, aux dépens des principes constitutifs de la chair ; car celle-ci ayant, dans mes expériences, subi un commencement de décomposition avant d'être donnée aux animaux, a perdu, par une transformation en acide lactique, le sucre qu'elle pouvait tenir du sang qui l'imprégnait. C'est donc aussi, et bien à tort, qu'on a jusqu'ici considéré les chylifères comme étrangers à l'absorption des matières sucrées.

La lymphe prise dans les vaisseaux sous-lombaires, immédiatement après la mort, celle qui est recueillie parfaitement pure, à l'aide de tubes d'argent fixés aux lymphatiques du cou des chevaux vivants, contiennent du sucre dans les conditions normales, comme aussi sur les sujets dont la digestion est suspendue.

La sérosité du péricarde, recueillie sur les chevaux, les bœufs et les chiens expirants, est toujours très sucrée ; elle paraît même contenir chez les herbivores beaucoup plus de sucre que le sang veineux et le sang artériel. La sérosité des plèvres, celle du péritoine, le fluide céphalo-rachidien, le liquide jaunâtre des vésicules

ovariennes de la jument, les échinocoques du poumon des ruminants, le liquide qu'on trouve quelquefois dans les kystes des corps thyroïdes du bœuf, en renferment aussi des proportions fort considérables. La bile prise sur les animaux vivants, dans la vésicule ou dans le canal cholédoque, est elle-même, mais très légèrement, sucrée. Je ne sais pourquoi M. Cl. Bernard affirme que normalement il n'y a pas de sucre dans les produits de sécrétion, le fluide céphalo-rachidien excepté. Beaucoup de ces produits, même les plus aqueux, ne montrent pas de trace de sucre. La sérosité qui s'accumule en grande quantité dans la poitrine des chevaux pleurétiques n'en présente pas habituellement, si j'en juge du moins par trois observations faites sur des chevaux dont les plèvres contenaient de 25 à 35 litres de liquide, et cependant sur ces animaux la sérosité du péricarde et le sang en contenaient encore.

Chez les fœtus de ruminants, il s'en trouve non-seulement dans les eaux de l'amnios et de l'allantoïde, dans le foie, le poumon et les muscles, comme M. Bernard l'a observé le premier, mais il en existe encore, et à tous les âges, à partir de deux mois et demi, dans le sang, les reins, et surtout dans les liquides visqueux qui remplissent les quatre compartiments de l'estomac. Cependant, et ceci mérite d'être noté, il n'y en a pas dans les cotylédons utérins, ni dans le suc cotylédonaire.

D'après ce qui précède, on voit qu'à l'état normal, chez les herbivores, le sucre existe dans le sang, le chyle, la lymphe, divers produits de sécrétion, comme la sérosité du péricarde, celle des plèvres, du péritoine, le contenu de l'estomac du fœtus, celui des vésicules ovariennes, la bile, etc. De plus, chez les carnassiers exclusivement nourris de chair faisandée, dont le sucre, s'il en existait, a été détruit, une certaine quantité de matière sucrée se produit dans l'appareil digestif et se trouve absorbée par la veine porte et par les vaisseaux chylifères. Toutefois, il reste à déterminer si le sucre des produits de sécrétion, celui du lait notamment, dérive du sang, ou s'il est formé, soit partiellement, soit en totalité, dans les organes sécréteurs. Il y a donc formation de sucre à l'origine des radicules de la veine porte et des vaisseaux chylifères, aux dépens des matières qui n'en contiennent pas de traces, de même qu'il semble y avoir production de ce principe dans le tissu du foie.

Il semble rationnel de penser que, chez les herbivores, dont les aliments contiennent beaucoup de sucre ou de fécule susceptible de se métamorphoser en matière sucrée, le sang qui reçoit ce sucre tout formé dans l'intestin et celui qui est produit dans le foie doive en contenir beaucoup plus que le sang des carnassiers. Et en effet, on trouve toujours une quantité considérable de sucre dans le fluide nutritif des premiers, tandis que dans le sang des seconds il y en a bien moins. On ne s'explique guère comment, suivant M. Cl. Bernard, la quantité de sucre pourrait être sensiblement égale chez ces deux catégories d'animaux, à moins d'admettre avec lui que le sucre absorbé en si grande quantité dans l'intestin est détruit dans le foie et transformé en matière grasse émulsive. Mais pourquoi du sucre tout formé dans l'intestin, et provenant de matières alimentaires qui en contiennent jusqu'à 70 pour 100, serait-il détruit par le foie, qui en fabriquerait d'autre destiné à être brûlé un peu plus loin? Dire que les aliments sucrés ou féculents n'augmentent pas la proportion de sucre dans l'économie, et que le régime azoté en produit autant que le régime végétal; enfin, prétendre que le sucre puisé dans l'intestin se détruit dans le foie et s'y transforme en graisse, pendant qu'il se forme un sucre nouveau

destiné à un autre office, c'est avancer autant d'assertions très paradoxales, dont il serait bon de donner la démonstration.

Quant à déterminer quels sont les principes alimentaires aux dépens desquels se produit certainement le sucre dans l'intestin et probablement dans le foie, ce n'est pas chose impossible. Ces principes ne peuvent être, pour les carnivores nourris de chair privée de graisse, que de la fibrine ou de l'albumine, à moins que le sucre ne dérive d'un principe appelé inosite par Schérer, et qui offre la même composition chimique que le sucre lui-même. On conçoit bien que chez les carnassiers, dont les aliments contiennent des matières protéiques en excès, ces dernières puissent être sans inconvénient employées à la formation de la matière sucrée; mais chez les herbivores, qui ne tirent de leurs aliments qu'une très faible proportion de ces matières azotées, il paraît peu probable que des principes aussi précieux soient affectés à cette destination, alors que le sucre est puisé en grande quantité dans l'intestin. D'ailleurs, l'argument sur lequel on se fonde pour appuyer l'hypothèse de la formation du sucre dans le foie aux dépens des principes albuminoïdes n'a pas une grande valeur. L'absence de fibrine signalée par Lehmann et par M. Bernard, dans le sang qui sort du foie par les veines sus-hépatiques, est fort douteuse. Ce sang n'a perdu la plus grande partie de sa fibrine que quand il est recueilli quelques minutes après la mort, et par suite de sa stagnation dans le foie; mais il se coagule très bien, se sépare même en caillot blanc et en caillot rouge chez le cheval, et donne à peu près la quantité normale de fibrine, pourvu qu'on le recueille rapidement, soit pendant la vie, soit sur l'animal expirant.

La formation du sucre dans l'organisme, quand elle aura été mieux étudiée, se présentera très probablement sous un aspect variable suivant les animaux, et surtout parmi les herbivores comparés aux carnassiers. Dès à présent je puis dire, en me basant sur des expériences que je poursuis, que chez les solipèdes la formation du sucre dans le foie m'a paru souvent très restreinte, et à tel point que sur des chevaux dont la digestion était à peu près suspendue depuis dix à douze heures seulement, le foie et le sang des veines sus-hépatiques présentaient à peine des traces de matière sucrée, et cela pendant que le chyle en contenait une quantité fort notable.

Urine.

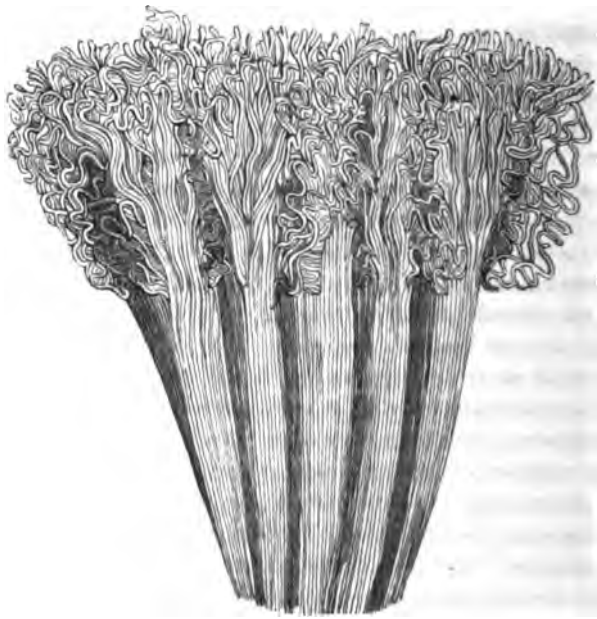
La sécrétion urinaire, l'une des plus importantes de l'économie, est destinée à l'élimination de la plupart des matières superflues que l'absorption a fait pénétrer dans le système circulatoire, et à celle des produits résultant des métamorphoses des tissus.

Les reins, qui sont chargés de cette sécrétion, paraissent avoir, dans le règne animal, une existence aussi générale que le foie, bien qu'ils ne soient pas très faciles à reconnaître parmi les classes inférieures. Ils se montrent chez les insectes sous la forme de tubes plus ou moins allongés et ouverts dans l'intestin, tubes dans lesquels on a trouvé de l'acide urique; ils constituent chez beaucoup de mollusques un sac ou une poche ouverte au voisinage de l'anus; mais c'est seulement chez les vertébrés qu'ils s'offrent à l'état de glandes compactes.

Chez les poissons myxinoïdes, les reins ont une structure des plus simples, que Muller a fait connaître. Sur la longueur de l'uretère de ces poissons existent, de

distance en distance, de petits sacs séparés par un rétrécissement d'une capsule à l'intérieur de laquelle pend une petite pelote vasculaire. Chez les autres poissons et chez les reptiles, ils sont composés de canaux déliés, plus ou moins divisés, terminés en cul-de-sac avec ou sans renflement vésiculaire. Enfin, chez les oiseaux et les mammifères, les canalicules urinifères, fig. 85, sinueux dans la partie corticale et droits dans la partie rayonnée du rein, sont terminés en cul-de-sac ou anastomosés entre eux à leur extrémité périphérique, et ouverts à leur extrémité centrale dans la cavité du bassinet, qui est simple chez la plupart des mammifères et multiple

FIG. 85.



chez ceux qui ont les reins lobulés, comme le bœuf, l'éléphant, l'ours, la loutre, les phoques, le marsouin et les autres cétacés.

Les vaisseaux sanguins forment dans le tissu du rein des réseaux capillaires à mailles très fines, et dans la substance corticale, entre les sinuosités des tubes urinifères, ils se rassemblent en petits peletons, sortes de réseaux admirables très déliés, qui ont depuis longtemps reçu la dénomination de corpuscules de Malpighi. Il paraîtrait, d'après les observations de Müller et celles de Bowmann, que ces glomérules vasculaires sont renfermés dans une capsule membraneuse très déliée, continue aux canalicules urinifères.

Chez les reptiles et les poissons, les reins reçoivent, outre le sang qui leur est fourni par l'artère rénale, du sang noir provenant des parties postérieures du corps. Les veines de la queue et des extrémités postérieures, au lieu de se joindre entièrement au tronc de la veine cave postérieure, donnent des branches qui semblent se distribuer, les unes dans le rein, les autres dans le foie, de manière à constituer

des veines portes rénales et hépatiques; mais, ainsi que le pense Cuvier, il pourrait bien se faire que ces divisions, au lieu d'être afférentes, fussent efférentes; c'est-à-dire destinées à emmener hors du rein le sang que les artères apportent à cet organe.

Le mode suivant lequel s'effectue la sécrétion urinaire a une grande analogie avec celui des autres sécrétions dépuratives. Cette sécrétion est continue, l'excrétion de son produit seule est intermittente. Pour s'en convaincre, il suffit, comme je l'ai fait sur le cheval, d'adapter à l'uretère sans ouvrir le péritoine un tube qui sort à l'extérieur à travers une plaie du flanc. On voit par ce moyen que l'urine s'échappe lentement et goutte à goutte, plus abondamment dans certaines circonstances que dans d'autres. Elle devient très active lorsque l'absorption fait pénétrer dans le système vasculaire une grande quantité de liquide; elle diminue, au contraire, à mesure que la proportion des principes aqueux du sang devient moins considérable; néanmoins, elle ne se suspend jamais d'une manière complète; elle s'entretient pendant tout le temps que les animaux sont privés d'aliments et de boissons.

Comme la sécrétion biliaire, celle de l'urine a une rémittence manifeste qui est subordonnée aux époques de la digestion et de l'absorption, et à l'activité de la transpiration cutanée. Tout le monde sait qu'il y a un antagonisme remarquable entre l'action des reins et celle de la peau, que la première est plus abondante dans les saisons froides et humides, et la seconde dans les saisons chaudes, et que les causes qui surexcitent l'une d'elles produisent généralement sur l'autre un effet opposé. Dans les conditions qui tiennent le milieu entre ces extrêmes, cette sécrétion fournit, terme moyen, chez le cheval, de 15 à 25 litres d'urine en vingt-quatre heures, d'après les observations exactes que j'ai pu recueillir.

La sécrétion de l'urine s'effectue uniquement aux dépens du sang artériel apporté en grande quantité au rein par son artère courte et volumineuse. Les prétendues communications directes entre l'estomac et les voies urinaires n'ont jamais existé, et le reflux, dans le rein, du sang de la veine porte et de la veine cave, supposé tout récemment pour expliquer la rapidité avec laquelle les liquides sont éliminés par les urines, est une pure fiction que repoussent à la fois les notions les plus élémentaires de la physiologie et des expériences déjà fort anciennes, expériences dans lesquelles Chirac, Helvétius, Astruc, Vestrumb, Krimer, ont vu la sécrétion urinaire se suspendre après la ligature des artères rénales.

Les propriétés physiques et la composition du produit de la sécrétion urinaire varient beaucoup, suivant les espèces d'animaux, leur mode d'alimentation et une foule de circonstances diverses qui se rapportent à l'état de santé ou aux maladies. En général, suivant l'observation déjà ancienne de Reil et de Burdach (1), l'urine des carnivores est acide, claire, très odorante et fort putrescible; celle des herbivores, et en particulier des ruminants, est alcaline, trouble, visqueuse, et peu disposée à la putréfaction; mais cette réaction peut changer avec le régime, l'abstinence et les maladies. M. Magendie a noté autrefois que l'urine des chiens nourris avec des substances non azotées devenait alcaline comme celle des herbivores; M. Ber-

(1) *Traité de physiologie considérée comme science d'observation*, traduction française, t. VIII, p. 191.

nard, généralisant cette observation, a reconnu que l'herbivore nourri avec de la chair rend des urines acides, et que le carnivore entretenu avec des aliments végétaux les rend alcalines ; enfin, il a vu que sous l'influence de l'abstinence les urines deviennent acides aussi bien chez les premiers que chez les seconds. J'ai noté les mêmes particularités sur le cheval, le bouc, le porc et le chien, parmi nos espèces domestiques.

Des principes qui entrent dans la composition de l'urine, les uns sont communs à la généralité des animaux, les autres sont propres à quelques-uns d'entre eux ; ce sont : l'urée, l'acide urique, des matières animales extractives et divers sels.

L'urée est un des éléments les plus remarquables de l'urine. Lorsqu'elle est isolée à l'état de pureté, elle se présente sous la forme d'aiguilles prismatiques transparentes, sans odeur et d'une saveur piquante. Elle est neutre, déliquescente, très soluble dans l'eau, fusible à la température de + 120° centigrades, et décomposable, sous l'influence de la chaleur, en carbonate d'ammoniaque et en acide cyanurique. Elle est formée, d'après Wœlher et Liebig, de carbone, 20,02 ; hydrogène, 6,71 ; azote, 46,73 ; oxygène, 26,54.

Ce principe azoté paraît exister à l'état normal dans le sang en très faible proportion ; mais il n'y devient facilement reconnaissable, comme Prévost et Dumas l'ont appris, qu'à la suite de l'extirpation des reins. Il résulte très probablement des métamorphoses opérées dans les divers tissus par l'action de l'oxygène, et prend naissance lorsque les matières protéiques ont perdu une certaine quantité de leur carbone et de leur hydrogène. L'analyse faite par M. Lassaigne de l'urine d'un aliéné privé de tout aliment pendant dix-huit jours tend à prouver que l'urée ne dérive pas directement des aliments, puisque, à la suite d'une abstinence aussi prolongée, elle existait encore dans le fluide excrémentitiel. Mais sa proportion varie dans plusieurs circonstances : elle diminue dans les maladies nerveuses, dans le diabète, dans les hydropisies ; elle augmente au contraire dans les phlegmasies aiguës, pendant le cours desquelles le travail de combustion interstitielle semble redoubler d'activité.

L'acide urique trouvé d'abord par Scheele dans les calculs vésicaux existe en grande quantité dans l'urine des carnivores, des animaux ovipares, et au contraire en proportion excessivement faible dans celle des herbivores. A l'état de pureté, cet acide est blanc, pulvérulent, inaltérable à l'air, à peu près insoluble dans l'eau, décomposable par la chaleur, qui le convertit en carbonate d'ammoniaque, cyanhydrate de la même base et en divers produits analogues à ceux qui résultent de la décomposition des matières animales azotées. Il contient plus de carbone que l'urée, mais moins d'hydrogène et d'azote. Cet acide augmente dans les urines, d'autant plus que les animaux font un usage plus exclusif d'aliments azotés, et dans celles des animaux affectés de maladies inflammatoires ; il apparaît en quantité notable dans les urines des herbivores soumis à l'abstinence ou nourris de substances animales. Au contraire, d'après les analyses de M. Chevreul, il disparaît totalement, de même que les phosphates, dans l'urine des carnassiers soumis à la diète exclusivement végétale. On le rencontre à l'état de pureté ou en combinaison avec l'ammoniaque dans les calculs urinaires de l'homme et des carnivorse. C'est lui *qui*, à

'état d'urate de chaux ou de soude, concourt à former les concrétions arthritiques e la goutte.

L'acide hippurique ou uro-benzoïque, dont la présence vient d'être constatée à 'état normal dans le sang de bœuf par M. Verdeil, se trouve dans l'urine du cheval t des autres herbivores en combinaison avec la soude. Il est blanc, peu soluble lans l'eau, cristallisable en prismes quadrangulaires, fusible et facilement décom- osable par l'action de la chaleur. Il contient beaucoup plus de carbone que l'urée t l'acide urique, mais il ne renferme qu'une très faible proportion d'azote.

Enfin, les acides lactique, sulfurique, phosphorique, carbonique, existent dans 'urine à l'état de sels en proportions variables. Le premier s'y trouve même en partie à l'état de liberté dans toutes les circonstances chez les carnassiers, et pen- dant l'abstinence chez les herbivores, où il contribue à la réaction acide de ce liquide.

La composition de l'urine présente des différences remarquables suivant les espèces animales, le mode d'alimentation et les diverses conditions normales ou morbides dans lesquelles les animaux peuvent se trouver. Celle des carnivores, qui est claire et acide, contient beaucoup d'urée, d'acide urique et de phosphates. Hyero- nimi a trouvé dans l'urine du lion et du tigre, examinée aussi par Vauquelin, sur 1,000 parties : eau, 846,1 ; urée, extrait alcoolique et acide lactique, 132,2; acide urique, 0,22; mucus, 5,1 ; sulfate de potasse, 1,2 ; sel ammoniac et chlorure de sodium, 1,16; phosphate terreux, 1,76 ; phosphate de potasse et de soude, 8,02; phosphate d'ammoniaque, 1,02 ; lactate de potasse, 3,30.

L'urine des herbivores, trouble, chargée souvent, sur les solipèdes notamment, d'une grande quantité de mucus, ne contient pas ou ne renferme que des traces d'acide urique. Les phosphates y sont remplacés par des carbonates qui lui donnent la propriété de faire effervescence par les acides. Elle renferme de l'acide hip- purique que Vauquelin et Fourcroy avaient déjà trouvé chez le cheval, le mouton, le rhinocéros, l'éléphant et le castor. Fourcroy et Vauquelin ont trouvé celle du cheval composée de : eau, 940 ; urée, 0,007 ; sous-carbonate de chaux, 0,011 ; sous-carbonate de soude, 0,009 ; hippurate de soude, 0,024 ; chlorure de potas- sium, 0,009.

D'après de Bibra, l'urine du bœuf a donné dans deux analyses :

	I.	II.
Eau.	912,01	925,10
Matières extractives solubles de l'eau. . .	22,48	16,43
Matières insolubles.	14,21	10,20
Sels solubles de l'eau.	24,42	25,77
Sels insolubles.	1,50	2,22
Urée.	19,76	10,22
Acide hippurique.	3,55	12,00
Mucus.	0,07	0,06
	1000,00	1000,00

Les analyses qui ont été données pour différents mammifères indiquent quelques variantes assez notables. John a trouvé de la silice et de l'oxyde de fer dans l'urine du cheval. Vogel a rencontré ces deux substances dans celle du rhinocéros, et

M. Chevreul dans celle du chameau. Si l'on en croit Vogel, l'acide hippurique et l'huile rousse manqueraient chez l'éléphant.

L'urine des oiseaux, généralement versée par les uretères dans le cloaque où elle se mêle aux matières fécales, est peu abondante et très riche en substances fixes, et notamment en acide urique. Celle de l'autruche, reçue dans un réservoir particulier analogue à la vessie des autres animaux, est rendue sans être mélangée avec les matières excrémentitielles. Vauquelin a pu ainsi l'analyser séparément, et y a trouvé de l'eau, de l'acide urique, de très grandes proportions de chlorhydrate d'ammoniaque, des sulfates de potasse et de chaux, du phosphate calcaire, du mucus et une matière grasse. D'après Coindet, l'urine des oiseaux herbivores, blanche, onctueuse, contient de l'acide urique, du phosphate de chaux, de l'ammoniaque, mais pas d'urée. Celle des oiseaux carnivores, plus fluide, susceptible même d'être rejetée à part, contient de l'urée, de l'acide urique, du phosphate calcaire, de l'ammoniaque, et, de plus, des sulfates, des phosphates de soude et de potasse. C'est à la forte proportion de ces matières fixes que les urines des oiseaux doivent la propriété de former des masses blanches faciles à réduire en poussière.

Chez les reptiles, l'urine est tantôt épaisse, demi-solide, rendue à de rares intervalles, comme chez les serpents et les lézards, tantôt fluide et très abondante, comme chez les tortues et les batraciens. Prout, qui a examiné celle d'un boa, y a trouvé : acide urique, 0,9016 ; potasse, 0,0345 ; sulfate de potasse et chlorure de potassium, 0,0095 ; phosphate et carbonate de chaux et de magnésie, 0,0080 ; mucus et matière colorante, 0,0294.

Enfin l'urine des mollusques et des insectes a donné de l'acide urique, de l'urate d'ammoniaque, une matière organique et divers sels.

Le régime auquel on soumet les animaux modifie les caractères et la composition de l'urine d'une manière très remarquable. Il suffit de donner à un herbivore l'alimentation du carnassier, pour que les urines du premier deviennent semblables à celles du second, et réciproquement. C'est ce que M. Chevreul et M. Magendie ont constaté depuis longtemps sur des chiens, dont l'urine n'offrait plus d'acide urique ni de phosphates, lorsque ces animaux étaient entretenus avec des substances végétales ou avec des principes non azotés, comme le sucre, la gomme, les graisses. J'ai vu aussi des porcs, nourris avec des pommes de terre et de la farine, donner une urine alcaline faisant effervescence par les acides, et d'autres porcs, vivant de chair, présenter des urines claires et acides. De plus, M. Cl. Bernard a observé que tous les animaux herbivores ou carnassiers, privés d'aliments, donnent bientôt des urines claires et acides, parce que, dans ces conditions, ils vivent les uns et les autres aux dépens de leur propre substance. C'est aussi ce qui arrive pendant les maladies aiguës, à réaction fébrile assez intense pour suspendre le travail digestif.

L'urine éprouve des modifications remarquables sous l'influence des maladies. En général, elle devient alors moins abondante et plus chargée de sels et de mucosités, qui la rendent épaisse et visqueuse, surtout chez les solipèdes, et chez la jument en particulier ; elles sont épaisses, troubles, et laissent quelquefois déposer un sédiment jaune grisâtre chez les sujets calculeux ; elles se chargent d'albumine dans une affection assez rare parmi les animaux ; elles deviennent sanguinolentes dans l'hématurie, sucrées dans le diabète ; mais ces changements n'ont pas encore été bien

étudiés en ce qui concerne les animaux domestiques. John a trouvé dans celle d'un cheval diabétique : eau, 948,50 ; extrait aqueux et alcoolique, 33,30 ; urée, 33,30 ; mucus et carbonate de chaux, 0,80 ; acide hippurique, 1,40 ; chlorure de potassium, traces ; urates de chaux et de potasse, 0,14 ; phosphate de chaux, 0,70 ; carbonates de chaux et de magnésie, 3,92 ; oxydes de fer et de manganèse, traces ; sulfates, phosphates et chlorures alcalins, 11,40 ; sulfate de potasse.

Les substances étrangères introduites dans l'économie par une voie quelconque, et notamment par l'appareil digestif, sous forme de médicaments ou avec les aliments et les boissons, agissent sur la sécrétion urinaire et sur les qualités de son produit. Cette sécrétion, essentiellement dépurative, est alors surexcitée pour opérer plus vite l'élimination de ces matières et ramener ainsi le sang à sa constitution normale. Divers observateurs y ont retrouvé de l'iode, du soufre, de l'arsenic, de l'antimoine, du mercure, du fer, du sulfure de potassium, du cyanure de potassium, du cyanure ferrico-potassique, du sulfo-cyanure de potassium, des sulfates de soude, de potasse, de magnésie, du sulfate de quinine, de l'azotate et du carbonate de potasse, du chlorure de baryum, de potassium, des acétates, oxalates, lactates, etc., des matières résineuses et des matières colorantes. La gomme-gutte, la rhubarbe, la chélidoine la rendent jaunâtre, la teinture d'indigo lui fait prendre une teinte bleuâtre ; les merises, les mûres, les baies de sureau, le bois de campêche, une teinte rouge. Elle prend une odeur de violette sous l'influence de l'essence de térébenthine, l'odeur de la myrrhe par la valériane et le castoréum, une odeur fétide par l'asperge. Les diurétiques, en excitant l'action des reins, sont éliminés avec l'urine, soit en nature, soit après avoir éprouvé quelques légères modifications.

Woehler n'a pu retrouver dans l'urine, ni le fer, ni le plomb, ni l'alcool, l'éther, le musc, le camphre, la teinture de tournesol.

L'élimination des substances étrangères par les voies urinaires commence à s'effectuer peu de temps après que l'absorption les a fait pénétrer dans le système vasculaire. Les expériences de Stehberger, celles de Hering et de beaucoup d'autres physiologistes, démontrent que cette élimination, en général très rapide, ne l'est pas au même degré pour toutes les substances. Le cyanure de fer et de potassium, injecté dans les veines, se montre déjà dans le rein au bout de une à deux minutes, et dans l'urine de la quatrième à la dixième minute ; la teinture de safran, injectée dans la trachée, a teint l'urine en vert au bout de huit minutes ; l'essence de térébenthine, inspirée, lui a donné une odeur de violette après quinze minutes ; l'indigo, administré par l'estomac, se montrait dans ce fluide après un quart d'heure ; l'acide gallique après vingt minutes ; la garance après un temps variable de vingt à quarante-cinq minutes.

L'élimination de ces substances continue plus ou moins longtemps, suivant la quantité qui en a pénétré dans l'organisme, leur nature et leur aptitude à être entraînées par divers émonctoires. L'indigo, donné en petite quantité par les voies digestives, ne fut complétement éliminé qu'après cinq heures dans les expériences de Stehberger, l'acide gallique après quatre heures, la rhubarbe après vingt-quatre heures, le cyanure de fer et de potassium après plusieurs jours. Cette élimination se prolonge pendant des mois entiers pour certaines substances, qui se déposent momentanément dans les tissus, ou qui passent dans des fluides résorbés en partie ou

en totalité, comme le suc gastrique, la bile, la salive, les sérosités des membranes, etc.

La composition de l'urine et les variations qu'elle éprouve, suivant le régime des animaux et une foule de circonstances diverses, font pressentir le rôle de la sécrétion urinaire.

Cette sécrétion et celle de la bile ont pour but essentiel l'élimination des produits résultant des métamorphoses des éléments du sang et des tissus, produits dont le carbone et l'hydrogène, ayant été brûlés en grande partie, ne sont plus aptes à éprouver de nouvelles mutations. Les uns, très riches en carbone, s'associent à la soude, et s'en vont sous forme de bile ; les autres, très azotés, donnent l'urée, l'acide urique et l'ammoniaque de l'urine. La soude de la bile qui a été brûlée finit même, d'après Liebig, par revenir dans l'urine, associée à des acides, c'est-à-dire sous la forme de phosphates, de carbonates et d'hippurates.

Chez les herbivores, dont les urines sont alcalines, l'acide urique est remplacé par l'acide hippurique et par l'ammoniaque. Les carbonates alcalins existent en très grande proportion, parce qu'ils abondent dans les aliments, tandis que les phosphates manquent ou ne se montrent qu'en proportion insignifiante. Chez les carnivores, au contraire, qui ont une urine acide, on voit prédominer l'acide urique, et avec lui les phosphates et les sulfates provenant à la fois des aliments et des tissus, puis du soufre, ainsi que du phosphore des matières protéiques métamorphosées, soufre et phosphore acidifiés peut-être, comme le pense le savant chimiste de Giessen, par l'oxygène que la respiration introduit dans l'organisme. Enfin, chez tous les animaux indistinctement, quel que soit leur régime antérieur ou habituel, sous l'influence de l'abstinence, l'urine prend des caractères uniformes, devient alcaline, offre de l'urée, de l'acide urique, des phosphates et des sulfates provenant des tissus qui se détruisent. Alors, dans l'urine, l'eau ne vient plus ni des aliments ni des boissons ; l'urée, l'acide urique et les sels ne dérivent plus que des principes du sang ou de la substance des tissus.

La sécrétion urinaire a donc pour office d'éliminer une grande partie de l'eau superflue provenant des boissons et des aliments, une foule de matières étrangères que l'absorption a fait pénétrer dans l'organisme, et enfin les produits azotés et salins provenant des mutations des tissus.

L'excrétion de l'urine s'opère suivant un mode à peu près uniforme, quant à ses caractères essentiels, chez la généralité des mammifères. Le fluide qui suinte par les petits orifices des pyramides malpighiennes s'accumule dans le bassinet en petite quantité, et coule lentement dans l'uretère, qui, en vertu de sa contractilité, le pousse goutte à goutte dans la vessie, où il ne saurait pénétrer sans une impulsion capable de vaincre la résistance résultant du trajet oblique décrit par le canal entre la muqueuse et la tunique charnue du réservoir. Une fois parvenue à la vessie, l'urine ne peut refluer dans l'uretère, à cause de l'obliquité même de son insertion, comme Galien en avait déjà fait la remarque. A mesure que de nouvelles quantités de liquide y arrivent, elle cède passivement, éprouve une dilatation graduelle ; sa membrane charnue s'amincit ; ses faisceaux s'écartent les uns des autres ; les plis de la muqueuse diminuent et finissent par s'effacer ; le réservoir, refoulé en arrière du bassin lors de sa vacuité, se porte en avant, de manière que sa moitié antérieure

dépasse le pubis, et vienne reposer directement sur les parois inférieures de l'abdomen. Quand la distension approche de son terme, la vessie a reçu jusqu'à 6 ou 800 grammes d'urine chez les chiens de grande taille; 3, 4, 5 litres et plus chez le cheval et les grands ruminants. Cet état fait naître le besoin d'uriner, qui est une sensation interne du genre de celles dont nous avons déjà parlé dans plusieurs endroits. L'impression produite sur les nerfs spinaux que reçoit la vessie est transmise aux centres nerveux, lesquels, par une action réflexe en partie soumise à la volonté, font cesser la contraction du sphincter, du col vésical, et mettent en jeu le diaphragme et les muscles abdominaux, de même que, pour l'expulsion des matières fécales, il se produit un effort qui est pour beaucoup d'animaux incompatible avec la marche, la course, et la plupart des exercices musculaires un peu pénibles.

L'urine est expulsée de diverses manières, suivant les animaux. Les solipèdes mâles ou femelles se campent, c'est-à-dire écartent les membres postérieurs des antérieurs, redressent les jarrets et les articulations métatarso-phalangiennes. Le mâle entier sort en partie le pénis du fourreau, et lance l'urine avec force par un jet continu. Les dernières portions seules sont rejetées par saccades, coïncidant chacune avec une forte contraction des muscles abdominaux et du muscle accélérateur, dont l'action achève de débarrasser le canal de l'urine qui s'y trouve sur la fin de l'émission. Chez les femelles, on voit dans les derniers moments de vives contractions des lèvres de la vulve qui s'écartent et se rapprochent alternativement, et un mouvement particulier du clitoris encore mouillé d'urine. Le bœuf et le taureau, le bélier, le bouc, ne se campent pas sensiblement; leur urine tombe par un filet assez peu considérable. La vache se campe en rapprochant fortement le train de derrière de celui de devant; la croupe proémine en arrière, et la colonne dorso-lombaire se vousse en contre-haut; l'urine est lancée sous la forme d'un large jet très fort. Le verrat urine par saccades, et son urine, en sortant du canal de l'urètre, passe dans une vessie préputiale à parois musculaires, qu'elle distend pendant toute la durée de l'émission. Cette vessie, découverte par Lacauchie, achève de se vider par l'action de ses muscles. Le jeune chien fléchit les membres, écarte les postérieurs des antérieurs, de même que la chienne, mais vers l'âge de dix mois, il tient une patte de derrière levée tant que dure l'expulsion de l'urine.

D'autres animaux urinent encore autrement que nos espèces domestiques. L'éléphant femelle écarte les deux membres postérieurs, et lance son urine claire en large nappe souvent conique. Le rhinocéros mâle fait sortir la verge du fourreau, et projette ce fluide par saccades très fortes complétement interrompues. La girafe mâle reporte fortement en arrière les membres postérieurs, et rend son urine en un mince filet non saccadé. Le dromadaire mâle se campe comme la vache, et précisément en sens inverse du cheval. L'ouverture du fourreau, déjà recourbée en bas et en arrière, se courbe encore davantage dans ce sens. Le pénis, qui reste caché, éprouve avec le fourreau, tant que dure l'excrétion, et même assez longtemps après, des mouvements très répétés. Le jet d'urine est dirigé en arrière entre les cuisses. Le buffle, si rapproché de notre bœuf domestique, n'urine pourtant pas comme lui; il rejette le fluide par saccades séparées par des intervalles pendant lesquels rien n'est expulsé. Sa femelle urine quelquefois

L'excrétion de l'urine se renouvelle plus ou moins fréquemment, suivant l'âge, l'espèce des animaux, les habitudes contractées, etc. Elle se produit souvent chez les jeunes animaux, chez les femelles en chaleur, chez ceux dont les voies urinaires sont irritées. La peur et quelquefois la joie la provoquent chez le chien. Les exercices continus s'opposent à son accomplissement chez les bœufs et les chevaux employés à des travaux pénibles; aussi doit-on les interrompre de temps en temps, afin qu'elle puisse s'effectuer. Lorsqu'elle s'opère très rarement, le travail de résorption qui a lieu dans la vessie fait disparaître une certaine proportion d'eau, et donne au reste une teinte plus foncée.

Glandes thyroïdes.

Les glandes ou les corps thyroïdes que l'on a considérés comme des diverticulums sanguins du larynx, du cerveau, et même de l'axe cérébro-spinal tout entier, n'ont rien dans leur volume ni dans leurs connexions avec ces parties qui puisse justifier le rôle dont on les suppose chargés.

Ces corps existent, chez tous les mammifères, sur les côtés du larynx ou des premiers cerceaux de la trachée artère, rarement isolés l'un de l'autre, mais le plus souvent réunis par une bandelette de même nature que le reste de leur substance. Cuvier et Duvernoy n'en trouvent pas de traces dans les vertébrés ovipares, si ce n'est chez les serpents, où ils semblent remplacés par une glande à larges cellules située en avant du cœur.

Lobuleux dans quelques animaux, l'éléphant entre autres, ces corps se présentent généralement sous l'aspect de masses compactes, homogènes, riches en vaisseaux sanguins et lymphatiques; mais leur structure intime est celle des glandes vasculaires sans canaux excréteurs. Le microscope y fait découvrir des cellules complétement closes plus ou moins grandes, pourvues d'un noyau, cellules qui, d'après Henle, en renferment d'autres plus petites, pleines de liquide et de granulations. Ces cellules persistantes seraient disposées, suivant Kölliker, de manière à circonscrire des espaces plus ou moins grands, destinés à contenir des liquides et tapissés par un épithélium. Depuis longtemps Cuvier et Meckel ont signalé l'existence de ces vésicules, visibles à l'œil nu, dans beaucoup d'animaux, plus grandes encore dans d'autres, et hypertrophiées dans le goître. Cuvier les a vues polygonales et pleines d'une gelée transparente jaunâtre chez les singes; arrondies et renfermant une matière blanche demi-transparente chez les ophidiens. Steller y a reconnu, chez le lamantin du nord, deux fluides différents par leur couleur et leur consistance; l'un lactescent contenu dans les petites vésicules, l'autre épais, amer, renfermé dans un sac membraneux au centre de la glande.

La structure vésiculaire m'a paru le plus marquée dans la glande thyroïde du dromadaire. Les vésicules, du volume d'un grain de chènevis à celui d'une petite lentille, étaient jaunâtres, arrondies, très rapprochées les unes des autres, formées par une membrane translucide : elles contenaient un liquide jaunâtre visqueux. Les vésicules de la thyroïde du bœuf, qui habituellement sont assez petites, peuvent devenir très volumineuses, et donner à cette glande l'aspect d'un ovaire de truie ou de jument, dont les vésicules sont hypertrophiées inégalement. J'ai eu l'occasion

l'étudier, sur un bœuf parfaitement sain, un curieux exemple de cette modification, que personne, je crois, n'a encore signalée chez les animaux. La glande, trois à quatre fois plus volumineuse que dans les circonstances ordinaires, était irrégulière et bosselée. A sa surface, comme dans son épaisseur, se montraient des cellules arrondies à parois demi-transparentes, grosses, les unes comme des pois, les autres comme des noisettes, et deux d'entre elles comme une petite noix. Ces vésicules, complétement closes, sans communication les unes avec les autres, renfermaient un liquide jaunâtre translucide, d'un aspect analogue à celui du contenu des mélicéris des lèvres du cheval. Ce liquide visqueux, mêlé à l'eau, produisait une émulsion blanchâtre épaisse. Soumis à l'action de la chaleur, il laissait précipiter quelques légers flocons albumineux. Traité par le réactif cupro-potassique, il prit une belle teinte violette semblable à celle du manganate de potasse, teinte que prennent du reste d'autres liquides, et notamment les fluides albumineux. Enfin ce liquide opéra une légère réduction de l'oxyde de cuivre, indice de la présence du sucre au nombre de ses éléments constitutifs; malheureusement l'analyse ne put en être faite.

La structure anatomique des corps thyroïdes montre donc clairement que ces organes sont de véritables glandes, dont les produits ne peuvent être éliminés par la voie ordinaire des canaux excréteurs, mais qui doivent sortir des vésicules par transsudation et rentrer dans la masse du sang. Ce sont des glandes vasculaires dans lesquelles les veines font l'office de canaux excréteurs. Leur produit est évidemment le contenu des vésicules, contenu dont il reste à savoir la composition et surtout les usages.

Il était naturel de penser que le sang veineux, chargé du fluide sécrété par les cellules thyroïdes, pût offrir une composition un peu différente de celle du sang artériel qui arrive à la glande. Pour voir si cette différence serait sensible, j'ai adapté un tube d'argent à la veine thyroïdienne d'un cheval, tout près du point où elle se dégage de la glande. Le sang recueilli, analysé par M. Berthelot, et comparativement avec le sang de la carotide et celui de la jugulaire retirés au même moment, a présenté la composition suivante :

	Artère carotide.	*Veine thyroïdienne.*	*Veine jugulaire.*
Eau.	83,36	82,61	79,58
Albumine. . . .	9,72	8,25	9,24
Globules	6,87	8,81	10,92
Fibrine.	0,05	0,33	0,26

Il semble donc, d'après cette analyse, que le sang qui sort de la thyroïde ait perdu un peu d'eau et d'albumine, gagnant, par compensation, des globules et de la fibrine; mais ce sont là des différences légères, dont il est difficile de préciser la signification.

L'importance du rôle des thyroïdes dans l'économie ne paraît pas très grande, si l'on en juge par l'innocuité de leur extirpation, déjà faite par divers expérimentateurs. Cependant la fréquence du goître dans l'espèce humaine, les rapports qui existent entre cet état de la thyroïde et l'état général de l'économie; la relation qui se manifeste entre le développement de cette affection et certaines conditions de climat,

de régime, etc., portent à croire que les fonctions de cette partie ne sont pas tout à fait accessoires. Très probablement les modifications éprouvées par la glande dans cette circonstance, au lieu de constituer une dégénérescence, comme les médecins le pensent, ne tiennent qu'à une augmentation de volume coïncidant avec l'exagération du travail fonctionnel de cet organe. Il serait curieux de suivre les effets de l'ablation de ces corps sur les goîtreux et de l'opérer sur de jeunes animaux, sur des chiens, par exemple, que l'on observerait avec soin pendant toute la durée de l'accroissement, et cela en suivant parallèlement des animaux de la même portée pris pour terme de comparaison.

Thymus.

Le thymus est, comme la thyroïde, une glande vasculaire sans canal excréteur. Les lobules dont il se compose sont formés de petites cellules sphéroïdales contenant un fluide lactescent, et au centre de chaque lobule se trouverait, d'après divers observateurs, une cavité plus ou moins spacieuse renfermant un liquide de même aspect, et probablement aussi de même nature que celui des petites cellules. Le contenu de ces dernières est coagulable par la chaleur et par les acides; comme les fluides albumineux, il donne des chlorures et des phosphates alcalins, mais pas de fibrine. La substance même du thymus du veau a offert à Morin de l'eau, de l'albumine, de l'osmazome, de la gélatine, de la fibrine, une matière animale particulière, une graisse acide, du lactate de potasse, du chlorure de potassium, des phosphates de potasse, de soude et de chaux.

Il sera question de cet organe au chapitre de l'embryogénie.

Rate.

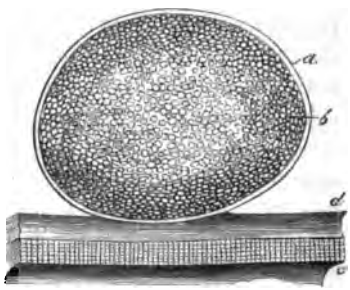
La rate, dont nous avons déjà examiné le rôle comme diverticulum du système de la veine porte, est une glande vasculaire sans canal excréteur, analogue aux deux précédentes.

Elle existe chez tous les vertébrés, à part peut-être les cyclostomes et les myxinoïdes parmi les poissons. Sous le rapport de sa forme, de son volume, de sa consistance et de ses connexions avec l'estomac, elle offre beaucoup de variétés chez ces animaux. D'après Cuvier, son volume serait en général proportionné à celui du foie parmi les mammifères ; elle serait plus petite chez les herbivores que chez les carnassiers, plus petite encore chez les espèces à estomac multiple, dont le foie est peu volumineux, que chez les espèces monogastriques. Habituellement *simple*, elle se montre multiple dans la plupart des cétacés, notamment chez les dauphins et les marsouins ; mais alors il y a toujours une rate principale qui a pour satellites de petites rates surnuméraires, dont le nombre peut aller jusqu'à sept, et dont le volume maximum ne dépasse pas celui d'une châtaigne. La présence des rates accessoires est assez rare chez la plupart de nos animaux domestiques, le cheval excepté, où elle est commune. Elles sont situées vers le bord adhérent de la rate principale. Leur forme est celle d'un disque aplati, de même couleur et de même aspect que la grande. Chacune a une petite artère entourée de filets nerveux ganglionnaires et se trouve accompagnée d'une ou plusieurs veinules qui se jettent dans la grande veine splénique.

La structure de cet organe est des plus remarquables. Au-dessous de son enveloppe péritonéale très adhérente se trouve une membrane propre, résistante, extensible, élastique, qui envoie dans la substance de l'organe de nombreux prolongements entrelacés dans tous les sens. Cette enveloppe et ses prolongements, connus sous le nom de trabécules, sont formés par des fibres blanches, des fibres jaunâtres et des fibres contractiles de nature musculaire, auxquelles Kölliker a donné la qualification de fibres-cellules. Ces dernières ont été vues dans l'enveloppe et les trabécules chez l'âne, le porc et le chien, et seulement dans les trabécules chez le mouton, le bœuf, le cheval et le lapin. Elles donnent à la rate la faculté de se resserrer d'une manière très évidente en plusieurs circonstances, comme M. Magendie l'avait déjà observé, notamment sous l'influence de l'air froid, de l'électricité, du sulfate de quinine. A l'intérieur de l'enveloppe et dans les mailles du tissu spongieux formé par ses prolongements, se ramifient une artère volumineuse entourée de nerfs énormes, surtout chez les solipèdes, des veines à larges sinus tapissés par une membrane mince et des vaisseaux lymphatiques. Enfin, dans les interstices vasculaires se trouvent disséminés les corpuscules ou les éléments glandulaires de l'organe.

Ces corpuscules (fig. 86), décrits par Malpighi dans la rate des animaux ruminants, sont sphéroïdaux, réguliers, et d'un diamètre qui ne dépasse pas 1/2 millimètre. Ils forment de petits sacs creux dont les parois sont dépourvues intérieurement d'épithélium et extérieurement de la membrane amorphe des glandes. Leur cavité est remplie par des granulations ou par des cellules de même volume à peu près que les globules sanguins et les granulations de la lie splénique. Ce sont elles qui paraissent constituer le produit du travail sécrétoire des corpuscules.

Fig. 86 (*).



Quant à la pulpe splénique, rougeâtre, molle et extra-vasculaire, elle se compose, d'après la plupart des micrographes, de cellules à noyau sphéroïdales, de dimensions inégales, mêlées à des globules sanguins sortis de leurs vaisseaux, et destinés à subir des transformations encore peu connues.

Le rôle de la rate a été très diversement apprécié par les physiologistes, suivant l'interprétation qu'ils ont donnée de l'état des corpuscules, de l'aspect de la pulpe splénique, et de la composition du sang de cet organe. M. Donné, se fondant sur la grande quantité de globules blancs, à diverses périodes d'évolution, que renferme le sang splénique, prétend que les globules de ce fluide se forment dans la rate et qu'ils y prennent naissance par la transformation des globules blancs. Kölliker, au contraire, pense, d'après ses observations, que la rate est destinée à détruire les globules du sang qui la traverse. Cet habile micrographe a vu dans le sang de la veine

(*) Fig. 86. — *Corpuscule de Malpighi de la rate du bœuf grossi 150 fois, d'après Kölliker.* — *a*, parois du corpuscule; *b*, son contenu; *c*, paroi de l'artère sur laquelle il repose; *d*, sa gaîne.

splénique des corpuscules incolores pourvus de plusieurs noyaux, corpuscules qui ne se retrouvaient pas dans les veines des autres parties de l'organisme. Il a trouvé en dehors des vaisseaux, dans la pulpe splénique, des globules petits et d'une teinte foncée qui se rassemblent en petits groupes et s'enveloppent d'une membrane cellulaire; puis ces globules deviennent jaunes et plus tard rouge-bruns, et enfin se transforment en granules de pigment. De semblables métamorphoses ont été observées dans le péritoine, le foie et les reins des poissons. M. J. Béclard ayant trouvé un peu moins de globules et un peu plus d'albumine dans le sang de la veine splénique du chien et du cheval que dans celui des autres veines, a cru voir dans ce fait un argument en faveur de l'hypothèse de la dissolution des globules sanguins au sein de la rate.

Je ne sais trop quelle valeur on peut attacher à la présence, dans la veine splénique, de certains corpuscules blancs analogues à ceux que le chyle et la lymphe versent en forte proportion dans le système sanguin et à l'existence, dans la pulpe splénique, de petites masses granuleuses enveloppées de membranules. Je ne vois pas comment on peut affirmer qu'il y a dissolution, destruction de globules sanguins dans la rate d'après la moindre proportion de ces globules, indiquée par l'analyse, dans le sang de la veine splénique. Il faudrait, pour attacher quelque importance à des analyses comparatives de ce genre, prendre le sang dans des conditions aussi physiologiques que possible; mais cela a-t-il été fait? On a ouvert le ventre à des chevaux et à des chiens; les viscères abdominaux sortis de leur cavité, exposés au contact de l'air, soustraits à la pression habituelle qui y favorise la circulation, se sont congestionnés à un très haut degré; le sang s'est, pendant les manipulations de l'expérience, infiltré entre les tuniques des viscères, épanché à la surface de la muqueuse intestinale; et c'est dans de telles conditions, passées sous silence, que le sang de la rate gonflée est recueilli; c'est d'après la différence légère qui existe entre lui et le sang des autres parties, que l'on établit l'usage, la fonction de l'organe le plus énigmatique de l'économie! Le sang que j'ai recueilli par un tube adapté à la veine thyroïdienne a présenté beaucoup plus de globules et de fibrine que celui de la carotide. Dois-je conclure de ce fait que le corps thyroïde a pour usage de fabriquer de la fibrine et des globules? Et cependant, que pourrait-on objecter à cette conclusion, puisque le sang de cet organe, laissé dans les conditions physiologiques, a été obtenu sans que la circulation ait éprouvé le moindre changement?

Les effets de l'extirpation de la rate n'ont encore jusqu'ici jeté aucune lumière sur le rôle de cet organe. La rate a pu être enlevée sur l'homme et les animaux sans inconvénients graves; elle l'a été maintes fois sur le chien par divers expérimentateurs qui ont signalé quelques troubles fonctionnels à la suite de l'opération, troubles qui, pour la plupart, sont des effets des délabrements nécessités par l'extirpation. Les animaux privés de rate deviennent, dit-on, plus voraces; ils ont le chyle plus clair, moins coagulable, la bile plus épaisse, plus sédimenteuse; ils sont plus portés à la reproduction, mais moins féconds; ils ressentent du malaise quelques heures après les repas; les glandes lymphatiques augmentent de volume, les thyroïdes se tuméfient, la sécrétion urinaire devient plus abondante. Mais tout cela est loin d'être établi. Bardeleben, qui a enlevé la rate à plusieurs chiens, a reconnu

que les corps thyroïdes, les capsules surrénales, les ganglions lymphatiques, n'éprouvaient pas de changements de volume, et qu'à la suite de l'extirpation simultanée de la rate et des thyroïdes, « les globules du sang et la quantité du caillot étaient » absolument les mêmes qu'à l'ordinaire. »

La rate paraît donc tout à la fois un diverticulum sanguin et une glande sans canal excréteur, dont le produit est emporté par les veines et les lymphatiques; mais il est actuellement impossible de préciser la nature et le rôle du produit de l'élaboration dont elle est le siége.

Capsules surrénales.

Les corps surrénaux, que les anciens appelaient capsules atrabilaires, existent dans la généralité des animaux vertébrés, avec un développement plus ou moins considérable, mais toujours inférieur à celui des reins pendant la vie extra-utérine.

Ils semblent composés de deux substances, une extérieure, corticale, plus brune; l'autre intérieure, jaunâtre et assez molle. Leurs vaisseaux, sanguins, très nombreux, y affectent une disposition très remarquable, et leurs veines y offrent au centre des dilatations ou des sinus assez marqués dans quelques animaux.

Henle a trouvé dans ces corps des cellules irrégulières, pleines d'une matière grenue et disposées en séries linéaires ou en petites masses lobulées. Ecker a étudié avec soin des vésicules glandulaires qu'il a aussi observées dans les corps thyroïdes de toutes les classes d'animaux vertébrés. Ces vésicules, closes, entourées de réseaux capillaires, ne se rencontrent en général que dans la substance corticale, où elles sont disposées en lignes; néanmoins, chez le cheval, elles se voient également dans la substance médullaire. Elles renferment un plasma albumineux, des cellules, des noyaux de cellules et des granules plus ou moins petits, et enfin de la graisse. Ce produit serait versé dans le système vasculaire par exosmose ou par déhiscence des vésicules glandulaires.

La nature du fluide qui imprègne les deux substances des capsules surrénales ne paraît pas être la même. J'ai observé, en poursuivant des recherches sur l'absorption, que le persulfate de fer versé sur la coupe d'une capsule faisait naître, au bout de quelques instants, une coloration bleuâtre sur toute l'étendue de la substance médullaire, et non sur la corticale. Ce phénomène, constant chez le cheval et le bœuf, se produit comm « dans les tissus imprégnés de cyanure ferrico-potassique, sur lesquels on verse d « persulfate de fer.

LIVRE DIXIÈME.

DE LA GÉNÉRATION.

Les fonctions que nous avons examinées jusqu'ici ayant toutes pour but le développement et la conservation de l'animal, lui donnent les éléments d'une vie individuelle complète. Celles qu'il nous reste à analyser, agrandissant la sphère d'activité de l'organisme, donnent à chaque être isolé la faculté de produire des êtres semblables à lui pour renouveler et perpétuer son espèce.

CHAPITRE I.

DES DIVERS MODES DE GÉNÉRATION DANS LE RÈGNE ANIMAL.

A part quelques êtres très simples, qui paraissent se développer spontanément au sein des matières organiques, les animaux se reproduisent ou par la division de l'individu en plusieurs parties, ou par la formation de gemmes qui se détachent, ou enfin par celle d'œufs dont l'évolution s'effectue hors de l'individu producteur quand ils renferment tous les éléments nécessaires à la constitution du nouvel être, et dans son intérieur lorsqu'ils n'ont pas en eux-mêmes tous les matériaux formateurs de ce dernier.

I. De la génération spontanée.

Les anciens croyaient que beaucoup d'animaux, notamment les vers et les insectes, se formaient spontanément dans les matières organiques en voie de décomposition et dans les milieux où ces êtres trouvaient des conditions d'existence. Cette erreur, accréditée universellement, tomba devant les observations de Redi, de Swammerdam, de Réaumur, et aujourd'hui que la science a mis en évidence les organes reproducteurs de la plupart des animaux inférieurs, et saisi le mode de développement de leurs œufs, on ne croit plus guère à la génération spontanée, même en ce qui concerne les espèces microscopiques. Cependant il reste encore quelques doutes à l'égard des infusoires et des entozoaires, doutes que les nombreux et remarquables travaux des modernes sont loin d'avoir dissipés.

On sait depuis Leeuwenhoek et Needham que dans les eaux croupissantes et dans les matières organiques humectées il se développe, sous l'influence de l'air et de la chaleur, des myriades d'infusoires excessivement petits, de formes très variées, qui se meuvent avec une grande rapidité. Ce dernier observateur (1), dont

(1) *Nouvelles observations microscopiques*. Paris, 1750, p. 192 et suiv.

lusieurs recherches furent faites de concert avec Buffon, plaça dans des vases de erre bien fermés des infusions de diverses semences, et au bout d'une quinzaine e jours il trouva dans ces matières une quantité prodigieuse d'animalcules mi-roscopiques. Ensuite, pour s'assurer que ces infusoires ne provenaient pas de ermes contenus soit dans l'air, soit dans l'eau ou dans les matières organiques, ı versa dans un flacon, dont il scella l'ouverture, du suc de chair cuite et de 'eau bouillante. Au bout de quatre jours, il y reconnut la présence d'infusoires ombreux et de dimensions très variées. Enfin, par des expériences comparatives aites sur un grand nombre de substances animales ou végétales séparées, il arriva ı des résultats identiques, soit que les vases fussent ouverts ou fermés, soit que leur contenu eût ou n'eût pas été soumis à l'ébullition.

Spallanzani observa aussi plus tard que les infusoires se développent également bien, et dans les matières qui ont éprouvé la coction, et dans celles qui ont été conservées à la température ordinaire, dans l'eau distillée et dans l'eau ordinaire ; mais il reconnut que ces animaux ne prennent point naissance au sein des matières qui sont soustraites à l'action de l'air.

Tréviranus, de son côté, a vu, d'une part, qu'il ne se produit pas d'infusoires semblables dans des matières organiques diverses, et d'autre part que les mêmes substances donnent naissance à des infusoires ou à des productions végétales suivant les conditions de chaleur et de lumière auxquelles ces substances se trouvent soumises.

Enfin MM. Lassaigne et Leuret ont trouvé dans l'intestin des reptiles, au milieu des matières alimentaires, des infusoires signalés autrefois par Leeuvenhoek ; MM. Gruby et Delafond ont décrit avec détail les nombreuses espèces d'animalcules qui se développent, pendant la digestion, dans le tube intestinal des carnassiers et des herbivores, infusoires très variés dont j'ai figuré les plus remarquables en traitant des phénomènes de la digestion.

Il faut avouer que la plupart des observations relatives au développement des infusoires sont loin de prouver la génération spontanée de ces animaux. La plupart d'entre elles ayant été faites dans des conditions où les matières organiques, l'eau et l'air, pouvaient contenir les germes d'infusoires, ne sauraient ici présenter aucune valeur. Dans quelques-unes, faites sur des matières préalablement soumises à l'ébullition, l'air, même confiné, pouvait encore tenir en suspension quelques-uns de ces germes. Le point capital était d'opérer dans des vases clos d'une grande capacité, où les infusions ainsi que l'air auraient été préalablement portés à une température suffisante pour détruire tous les germes, ou du moins leur ôter toute aptitude à se développer.

M. Milne Edwards, il est vrai, n'a pas vu d'infusoires apparaître dans de petits tubes fermés contenant des matières organiques bouillies, et Schultze est arrivé au même résultat négatif en opérant dans des appareils fermés, où l'air parvenait après s'être purifié à travers un bain d'acide sulfurique ; mais ces conditions particulières ont pu s'opposer au développement spontané des infusoires. Dans le premier cas, les tubes trop petits ne contenaient pas assez d'oxygène, et les matières organiques y dégageaient peut-être trop d'acide carbonique ; dans le second, la présence d'une petite quantité de vapeurs acides mêlées à l'air des vases a pu mettre obstacle à la formation des animalcules.

Le plus puissant argument qui puisse s'élever contre la formation spontanée des infusoires se trouve dans la présence des organes reproducteurs et des œufs chez ces êtres inférieurs, qui paraissent au premier coup d'œil extrêmement simples. Les belles recherches d'Ehrenberg ont appris que les infusoires les plus petits et les plus simples ont une cavité digestive, des cils locomoteurs, et qu'ils pondent des œufs dont il est possible de suivre le développement successif; elles démontrent que ces êtres se multiplient avec une telle rapidité qu'en dix jours un seul individu peut produire un million d'êtres de son espèce. Cependant il pourrait bien se faire que ces animaux pussent se produire spontanément, bien qu'une fois formés ils eussent la faculté de perpétuer leur espèce par les moyens ordinaires. Certains animaux d'un ordre un peu plus élevé se reproduisent à la fois par scission, par des gemmes et des œufs, sans que rien semble indiquer pour eux la nécessité de ce triple mode de génération.

Le développement des entozoaires a paru aussi, à beaucoup de naturalistes, devoir être rapporté à une génération spontanée; mais il faut convenir que les doutes ne portent que sur un certain nombre d'espèces, car pour beaucoup le mode de reproduction et de multiplication est suffisamment connu.

On sait très bien que les larves d'œstres, qui vivent sous la peau du bœuf et de plusieurs autres ruminants, proviennent d'œufs que les œstres à l'état de diptères parfaits y ont déposés en perçant le tégument. On sait de même que les larves qui vivent dans les anfractuosités des sinus frontaux proviennent d'œufs qui ont été pondus à l'entrée des narines. On sait enfin que les larves d'œstres, qui se greffent sur la muqueuse gastrique des solipèdes, et qui séjournent presque une année entière dans les voies digestives, dérivent des œufs pondus sur quelques parties du corps où l'herbivore passe sa langue pour se lécher. Il a été facile d'étudier l'éclosion des œufs, de voir la larve suivre toutes les phases de son développement, sortir des cavités où elle a vécu à l'époque à laquelle elle doit devenir nymphe, puis chrysalide, et enfin insecte parfait destiné à une vie extérieure semblable à celle de la plupart des animaux de la même classe.

De plus, on a reconnu, d'après les observations de Bojanus, de J. Cloquet, de E. Blanchard, de Dujardin, que les entozoaires qui vivent constamment dans d'autres animaux possèdent des organes reproducteurs plus ou moins compliqués, et qu'ils se propagent par des œufs dans lesquels il a été possible souvent de suivre le développement de l'embryon.

Enfin, tout récemment, Van Beneden a constaté que des œufs de tænias du chien, donnés à des moutons avec les aliments, se développaient plus ou moins en divers points du tube digestif, et qu'ils donnaient bientôt naissance au cœnure cérébral: fait remarquable que Dujardin avait soupçonné en exprimant l'opinion que les cystoïdes en général, considérés autrefois comme des kystes du poumon, du foie, des mésentères, des membranes séreuses, peuvent dériver d'un développement insolite des tænias.

Mais pour beaucoup d'entozoaires, l'origine extérieure ou la transmission des œufs d'un animal à un autre, n'est point prouvée. D'abord il est certain que les tænias, les ascarides, les strongles, l'échinorhynque, les spiroptères de l'estomac et de l'intestin, les douves du foie, les vers du pancréas, les filaires de l'œil, des

iembranes séreuses, du sang, etc., sont des vers qui ne vivent point en dehors de organisme, bien qu'ils aient des analogues dans le monde extérieur. Or pour eux-là, s'il n'y a pas de génération spontanée, il faut que les œufs soient portés ans les cavités naturelles avec l'air, l'eau, les aliments, ou par d'autres moyens, u il faut que ces œufs s'introduisent dans le sang et soient disséminés par lui dans s parties sans communication avec l'extérieur.

Or il est des entozoaires qui ne vivent que dans certains animaux, d'autres qui e trouvent seulement dans certaines parties du corps; il en est qui se montrent léjà chez le fœtus, où il semble difficile qu'ils puissent arriver par l'intermédiaire lu sang maternel. En outre, les œufs de la plupart de ces animaux ont, comme le ait remarquer Müller, un diamètre trop considérable pour qu'ils puissent passer lans les capillaires; de telle sorte que ceux des entozoaires qui vivent dans les lymphatiques ne pourraient même pas se répandre dans le système sanguin. Néanmoins il pourrait bien se faire que des helminthes pénétrassent dans des cavités closes en se frayant une voie à travers les tissus, car si le spiroptère traverse la muqueuse gastrique du cheval, et l'échinorhynque géant les trois tuniques intestinales de quelques animaux, il n'est pas invraisemblable qu'il en soit de même pour beaucoup d'autres.

Le fait qui me paraît parler le plus clairement en faveur de la génération spontanée des infusoires et des entozoaires, est celui de la formation des spermatozoïdes. Dès l'instant qu'il se développe des animalcules dans chaque cellule spermatique à l'époque à laquelle les animaux deviennent aptes à la reproduction, on ne voit pas pourquoi divers entozoaires n'apparaîtraient pas spontanément aussi dans les milieux où ils trouvent des conditions d'existence.

En résumé, si la génération spontanée est réelle, elle n'appartient qu'à un petit nombre d'espèces inférieures; mais il ne me semble pas possible, dans l'état actuel de la science, de l'admettre, ni de la nier, d'après des preuves irréfragables. Il est plus sage de rester dans le doute, que de se prononcer d'après des vues spéculatives ou des observations équivoques.

II. De la génération fissipare.

Quelques animaux inférieurs jouissent de la faculté de se séparer spontanément en plusieurs parties, dont chacune peut devenir un animal complet. Ils possèdent également cette propriété lorsque leur division est artificielle. Ce mode appartient aux infusoires, aux hydres, aux planaires, aux naïdes: il y présente plusieurs variétés remarquables.

Chez les infusoires, la division spontanée d'un animal complet en deux parties s'effectue soit longitudinalement, soit transversalement et par degrés insensibles. D'abord on voit apparaître, d'après Erhenberg, sur l'animal simple une petite fente qui devient de plus en plus profonde; il se forme des cils nouveaux, une bouche de chaque côté; les deux moitiés s'écartent l'une de l'autre, et le pédicule qui les unit finit par se rompre. Chez les hydres, d'après Laurent, et chez quelques planaires, d'après Dugès, il s'effectuerait une division analogue de même que chez les naïdes, suivant les observations déjà anciennes de O.-F. Müller. Ainsi, chez la jeune

naïde proboscidienne, qui possède quatorze segments, on voit se développer à l'extrémité caudale du corps de nouveaux segments, dont un certain nombre commence bientôt à se séparer du reste par un resserrement circulaire ; et, avant même que ces segments, qui formeront une nouvelle naïde, se soient tout à fait isolés, il s'en produit d'autres entre l'étranglement et la naïde primitive.

Cette fissiparité spontanée et naturelle n'est pas fort commune, même parmi les animaux les plus inférieurs ; mais celle qui est accidentelle s'observe sur un plus grand nombre d'espèces, et s'opère souvent avec une très grande rapidité, notamment chez les hydres et les planaires. Elle peut avoir lieu transversalement, longitudinalement et dans tous les sens ; car on sait, depuis les observations de Trembley, que le polype d'eau douce, divisé irrégulièrement en plusieurs parties, donne naissance à autant d'individus qui régénèrent, chacun ce qui lui manque pour devenir un polype complet.

L'hydre fendue en travers produit deux individus. La moitié qui porte la bouche et les bras s'allonge et se ferme dans le point correspondant à la section ; la moitié postérieure montre bientôt une bouche, et autour de cette bouche des tubercules qui s'allongent et forment des bras. Le même animal, divisé longitudinalement, donne deux moitiés qui, en quelques heures, reconstituent deux polypes. Les bords de chaque moitié se replient l'un vers l'autre et circonscrivent une cavité digestive complète dont l'entrée s'entoure de bras. Lorsque le polype est partagé irrégulièrement en plusieurs parties, chacune d'elles se creuse une cavité digestive à l'entrée de laquelle apparaissent des bras. Quand cette division est incomplète, chaque découpure produit un polype ayant une cavité digestive, une bouche et des bras, et ces polypes demeurent réunis entre eux. Enfin, si l'on vient à couper l'hydre en deux moitiés, que l'on remet en contact, elles se réunissent si vite, qu'au bout d'un jour seulement, la proie avalée passe de l'un dans l'autre segment sans difficulté.

Lorsque les planaires, suivant Dugès, sont divisées, quels que soit le sens de la division et la forme des parties, chacune d'elles reproduit tout ce qui lui manque pour être une planaire complète, pourvu cependant que chaque fragment n'ait pas moins de la dixième partie de l'animal entier. Si la planaire est coupée en travers, les deux moitiés marchent dans le même sens, et il se forme une trompe à celle qui en est dépourvue. Si elle est partagée en un grand nombre de fragments, chacun d'eux forme tout ce que possédait la planaire intacte. Dans le cas de division incomplète, il se produit des planaires à plusieurs bouches et à plusieurs queues.

Cette puissance reproductive se montre encore, mais en s'affaiblissant, chez d'autres animaux plus élevés. L'astérie reproduit ses rayons, les insectes, les crustacés régénèrent leurs pattes, leurs mandibules, leurs yeux ; les annélides, un certain nombre de leurs anneaux ; les salamandres, l'extrémité de leur queue et de leurs doigts. Mais la régénération, chez les animaux supérieurs, ne porte plus que sur de petites parties des tissus, comme la peau, les tendons, les membranes séreuses, etc.

La reproduction fissipare, spontanée ou accidentelle, n'exclut pas la génération par les œufs ces deux modes coexistent au contraire presque toujours d'une manière évidente. Ainsi, chez les polypes, il existe des organes sexuels, tantôt réunis sur le même individu, tantôt portés par des individus différents. Les œufs sont

renfermés dans des cellules spéciales, et le sperme avec les spermatozoïdes est contenu dans d'autres cellules. Les planaires possèdent également des organes sexuels bien caractérisés; leurs œufs éclosent même quelquefois avant d'être expulsés, de sorte qu'elles sont tantôt vivipares, tantôt ovipares.

III. De la génération gemmipare.

Dans ce mode, qui établit une transition entre la fissiparité et la génération ovipare, il se développe à l'extérieur ou à l'intérieur du corps une excroissance qui prend peu à peu de l'extension, se creuse d'une cavité digestive et acquiert toutes les parties constitutives d'un animal semblable à celui aux dépens duquel elle a pris naissance. L'individu nouveau ainsi formé sur un individu ancien y demeure fixé plus ou moins longtemps, mais finit en général par s'en séparer pour vivre d'une existence indépendante.

La reproduction par gemmes appartient aux polypes dont la génération se fait déjà par la fissiparité et par les œufs, à quelques infusoires, à certains acalèphes, aux helminthes cystiques, à plusieurs annélides. Elle présente dans chaque groupe de ces animaux des particularités fort intéressantes au point de vue physiologique.

Chez les infusoires désignés par les naturalistes sous les noms de vorticelles et de vorticellines, on voit apparaître en un point de la surface extérieure du corps, notamment vers le pédicule, un petit bourgeon qui augmente progressivement de volume, prend une bouche, des cils, et arrive aux proportions de l'individu sur lequel il s'est développé, et dont il se sépare par la suite.

Chez les hydres, les gemmes se montrent sur toute l'étendue du corps, principalement vers le pied, mais jamais sur les bras. Ils se présentent sous l'aspect de petites élevures arrondies, à l'intérieur desquelles la cavité digestive se prolonge. Au sommet de ces élevures, qui deviennent de plus en plus saillantes, se creuse une bouche et autour d'elle se forment des bras, dont l'extension va en croissant progressivement. Lorsque l'hydre nouvelle qui résulte du bourgeon né à la surface de l'hydre ancienne a acquis un certain volume, sa cavité digestive, d'abord en continuité avec celle de l'hydre mère, s'isole de cette dernière; la partie qui unit ces deux êtres s'étrangle peu à peu, et enfin les deux individus se séparent complétement. Le fait annoncé par Trembley a été vérifié par Laurent et par d'autres observateurs. Dans certains zoophytes, tels que les coraux, les gorgones, les alcyons, les individus nouveaux résultant du développement des gemmes demeurent attachés aux anciens, et forment avec eux des agglomérations souvent remarquables par leur élégance et leur régularité.

Les syllis, étudiées par M. de Quatrefages, se reproduisent d'après un mode de gemmation différent de celui des hydres. Lorsque l'annélide est parvenue à un certain degré de développement, il se forme à l'extrémité postérieure de son corps plusieurs anneaux dont l'ensemble se sépare en masse de la syllis ancienne. Les premiers anneaux de nouvelle formation s'étant modifiés de manière à constituer une tête, la syllis récente devient un animal complet semblable à la première; de plus, elle a concentré en elle les organes générateurs dont la syllis mère reste privée. Aussi celle-ci devient-elle impropre à la reproduction.

Une autre annélide, la myrianide à bandes, peut, d'après M. Milne Edwards, produire jusqu'à six annélides nouvelles, composées chacune d'un assez grand nombre de segments. Le premier individu de nouvelle formation se développe entre les deux derniers anneaux de l'individu primitif, le second se produit entre le premier individu nouveau et l'individu mère; le troisième entre celui-ci et le second, de telle sorte que le plus récent fait toujours suite à la myrianide mère, et que le plus ancien est à l'extrémité postérieure de la série.

Dans les volvoces, les pandorines et les acéphalocystes, la gemmiparité est interne. A l'intérieur d'une grande vésicule, se développent des vésicules plus petites, et dans celles-ci d'autres vésicules encore plus étroites. Les échinocoques du foie, par exemple, présentent à la face interne de leur grande enveloppe vésiculaire d'autres vésicules fixées à celle-ci par un pédicule bientôt rompu, lesquelles continuent à vivre à l'intérieur de la grande vésicule morte; puis dans les secondes vésicules il en existe d'autres, et ainsi de suite; si bien que, par suite de cet emboîtement, les générations nouvelles d'échinocoques ont d'autant plus d'enveloppes qu'elles sont plus multipliées; et, suivant l'expression de Müller, les générations vivantes se trouvent incluses dans les générations mortes.

De même, dans le cœnure cérébral, si commun chez les bêtes ovines, à la face interne de la vésicule sur laquelle sont implantées les têtes, naissent d'autres vésicules qui, comme les premières, portent des têtes à leur intérieur.

Il importe de remarquer que dans tous les animaux à reproduction gemmipare il y a en même temps reproduction par des œufs. Les hydres, les syllis, la myrianide possèdent des œufs et des spermatozoïdes; seulement il n'est pas encore bien démontré qu'il en soit de même pour les acéphalocystes, tels que les cœnures et les échinocoques.

IV. De la génération ovipare.

Ce mode, qui appartient à peu près à la généralité des animaux, est celui qui s'opère à l'aide d'œufs qui sont vivifiés sous l'influence d'un fluide chargé de spermatozoaires. Il se montre avec une foule de variétés chez les radiaires, les articulés, les mollusques et les vertébrés. Les organes qui concourent à son accomplissement sont de deux ordres: les uns mâles, destinés à la formation et à l'excrétion du fluide fécondant; les autres femelles, préposés à la production et à l'expulsion des œufs.

Les organes mâles, réduits à leur plus grand état de simplicité, se présentent sous la forme de cellules ou de petites capsules plus ou moins nombreuses, remplies d'un liquide dans lequel nagent les spermatozoïdes. Chez les polypes, ces cellules, analogues à celles des œufs près desquels elles sont situées, se trouvent à la base des tentacules. Ces glandes spermagènes constituent déjà, dans quelques échinodermes et certains acalèphes, des canaux plus ou moins longs et flexueux. Elles prennent, dans les helminthes et dans la généralité des articulés, la forme de longs tubes simples ou ramifiés, et plus ou moins flexueux. Elles revêtent l'aspect de glandes compactes dans beaucoup de mollusques et dans tous les vertébrés, bien qu'elles continuent à n'être que des canaux repliés sur eux-mêmes. A ces glandes

qui sécrètent le sperme, s'ajoutent, à mesure que l'organisation se complique, des réservoirs dans lesquels ce fluide se met en dépôt, des cryptes, dont le produit facilite l'émission de la liqueur séminale, et un organe résistant, souvent érectile, qui peut projeter celle-ci dans les cavités génitales de la femelle. Mais dans tous les cas, l'appareil sexuel du mâle reste essentiellement le même ; il produit un fluide variable quant à ses propriétés physiques, et dont le caractère constant est de renfermer des spermatozoïdes, fluide qui doit se mettre en rapport avec les œufs et en opérer la vivification, soit dans les cavités génitales de la femelle, soit en dehors de ces cavités.

L'appareil génital femelle, dans beaucoup d'animaux inférieurs, ne diffère pas sensiblement pour la forme de l'appareil spermagène. Comme ce dernier, il est constitué par des cellules, des groupes de capsules, des tubes plus ou moins longs et repliés, dans lesquels se produisent des œufs qui se reconnaissent par un certain nombre d'éléments essentiels, la membrane vitelline, le vitellus et la vésicule germinative. Lorsque cet appareil est arrivé à son dernier terme de complication, ses différentes parties se caractérisent très nettement. L'ovaire se montre sous l'aspect d'un groupe d'œufs inégalement volumineux, simplement accolés entre eux ou réunis par une gangue intermédiaire. A sa suite, un canal, l'oviducte, est destiné à transmettre l'œuf au dehors, ou dans une cavité spéciale, l'utérus, dans lequel il doit contracter des adhérences vasculaires et suivre toutes les phases de son développement. Enfin, à la suite de cet utérus, un canal sert à la fois à l'expulsion du fœtus et à la réception du fluide séminal fourni par le mâle.

Les organes mâles et les organes femelles, toujours distincts les uns des autres, se trouvent tantôt réunis sur le même individu, tantôt portés par deux individus, dont le rapprochement devient nécessaire à la fécondation.

La réunion des organes sexuels mâles et femelles sur le même individu, ou l'hermaphrodisme, s'observe dans les infusoires, les rotifères, les polypes, les échinodermes, les helminthes cestoïdes, les mollusques et même dans quelques vertébrés. La fécondation peut alors être ou individuelle, ou réciproque, ou sériale.

La première variété de l'hermaphrodisme s'observe chez les rotatoires, les polypes, les distomes et certains échinodermes, les synaptes, par exemple. Chaque animal porte à la fois des organes mâles et des organes femelles. Les œufs et le sperme se mettent en contact dans les voies de leur élimination, ou tout à fait en dehors de l'animal. Quelquefois, comme on l'a vu pour le tænia, l'animal se féconde en s'accouplant avec lui-même.

La seconde variété appartient à un certain nombre de mollusques, notamment parmi les acéphales et les gastéropodes, et à divers helminthes. L'animal, quoique pourvu à la fois d'organes mâles et d'organes femelles, ne peut être fécondé sans s'unir à un autre animal de son espèce. Mais, lors de l'accouplement, il y a réciprocité entre les deux individus qui jouent en même temps tous les deux le rôle de mâle et celui de femelle. Chacun reçoit et fournit du sperme, chacun féconde et se trouve fécondé ; néanmoins, quelquefois, dans cet accouplement réciproque, l'un des deux seulement serait fécondé, et l'autre ne le serait que plus tard, par suite d'un rapprochement ultérieur. Cette exception paraîtrait résulter de ce que, à certains moments ou à une certaine époque de la vie, les organes mâles d'un individu

seraient seuls aptes à fonctionner, tandis qu'à un autre moment ou à une autre époque de la vie les organes femelles jouiraient seuls de ce privilége.

La troisième variété, la moins commune, a lieu chez les lymnées, qui s'accouplent en longues chaînes, de telle sorte que le dernier de la série féconde l'avant-dernier, et ainsi de suite.

L'hermaphrodisme, quel qu'en soit le mode, n'implique pas une organisation plus simple dans le règne animal que la distinction des sexes; car, en exceptant les espèces les plus inférieures, on le voit exister dans un même embranchement, dans un même ordre ou une même classe, à côté d'espèces dont les sexes sont distincts. Néanmoins il est à remarquer que l'hermaphrodisme est plus rare parmi les articulés que parmi les mollusques. Il n'existe que par une exception fort curieuse, signalée par plusieurs naturalistes et étudiée récemment par M. Desfossé, chez quelques poissons du genre serranus de Cuvier. Dans ces poissons, les organes mâles communiquent avec l'oviducte et y versent la laite ou le sperme sur les œufs.

La réunion des deux sexes sur le même animal ne paraît pas s'être jamais observée ni sur les mammifères, ni sur l'espèce humaine. L'hermaphrodisme par monstruosité est toujours apparent. Chez le mâle, les testicules peuvent rester dans l'abdomen ou demeurer cachés dans le trajet inguinal, le prépuce peut être imperforé, le pénis recourbé en arrière et terminé sous l'anus, dans une sorte de vulve, le canal de l'urèthre offrir une fente vulvaire à la région périnéale, les mamelles s'hypertrophier et donner du lait. Il suffit que ces particularités anormales coexistent pour donner au mâle des apparences féminines, et il suffit que quelques-unes d'entre elles se trouvent réunies pour simuler, à première vue, un sexe équivoque ou deux sexes réunis sur le même individu.

L'hermaphrodisme vrai se concevrait dans les monstres doubles résultant de la coalescence d'un mâle et d'une femelle.

La séparation des sexes commence à s'opérer déjà dans les classes inférieures, comme parmi les polypes et les échinodermes: elle existe dans une grande partie des mollusques, dans la généralité des articulés, notamment chez les arachnides, les crustacés et les insectes, enfin chez les vertébrés. Elle entraîne de toute nécessité le concours de deux individus de sexe différent pour la reproduction; mais ce concours, qui a pour but unique de mettre le sperme en rapport avec les œufs, s'effectue de trois manières bien distinctes. Par la première, qui est celle des poissons, le mâle et la femelle répandent dans le milieu ambiant les œufs et le sperme, dont la rencontre fortuite donne lieu à la fécondation; par la seconde, qui appartient aux batraciens, le mâle se fixe à la femelle et en arrose les œufs à mesure qu'ils sont pondus; par la troisième, qui s'observe chez la généralité des animaux, il y a accouplement: le mâle introduit dans les cavités sexuelles de la femelle le fluide qui féconde les œufs avant leur élimination.

Chez les animaux dont la fécondation résulte d'un accouplement, l'œuf se développe : 1° ou après avoir été éliminé; 2° ou en parcourant ses voies d'élimination, soit sans y contracter des connexions vasculaires, soit en tirant de la mère, à l'aide de rapports vasculaires, les matériaux formateurs du nouvel être; dans le premier cas, les animaux sont ovipares; dans le second, ovo-vivipares, et dans le troisième, vivipares.

CHAPITRE LI.

DES SENSATIONS QUI PROVOQUENT A L'ACCOMPLISSEMENT DES ACTES SEXUELS NÉCESSAIRES A LA REPRODUCTION.

Chez tous les animaux à sexes séparés, et chez la plupart de ceux où les sexes sont réunis sur le même individu, la condition préliminaire indispensable à la reproduction consiste dans l'action du fluide séminal sur l'œuf. Cette action, qui nécessite pour la généralité des espèces le rapprochement du mâle et de la femelle, n'est pas laissée à la volonté et à l'arbitraire des animaux. La nature, toujours si admirable dans ses combinaisons, en a soumis l'accomplissement à une impulsion instinctive, irrésistible, qui se fait sentir à certaines époques de la vie, et qui se renouvelle périodiquement tant que l'animal jouit de la faculté de se reproduire.

L'aptitude à la propagation de l'espèce se développe parmi les animaux, de même que chez l'homme, bien avant que l'individu ait atteint le terme de sa croissance, comme si l'activité propre de l'individu devait s'essayer à la procréation avant même d'avoir achevé l'être commencé. L'époque à laquelle elle se montre, ou communément l'âge de la puberté, quoique très variable dans le règne animal, est à peu près fixe pour chaque espèce, et elle est soumise à quelques lois relatives à la durée de la gestation, à celle de l'accroissement et de la vie.

En général, notamment parmi les mammifères, les animaux acquièrent d'autant plus vite la faculté de se reproduire que leur gestation est plus courte et leur vie plus brève. La souris, le cochon d'Inde, l'écureuil, le lapin, qui portent de vingt à trente jours, arrivent plus tôt à la puberté que le porc, le sanglier, la brebis, la chèvre, le mouflon, le chevreuil, le lama, dont la gestation est de quatre à six mois; ceux-ci se reproduisent plus tôt que le daim, le cerf, l'élan, la vache, qui ont une gestation de huit à neuf mois; ces derniers ont le pas sur les solipèdes, qui portent onze mois; sur la girafe, le chameau, qui portent un an; sur le rhinocéros, qui porte seize mois, et l'éléphant, deux ans.

L'aptitude à la reproduction se montre généralement avant l'époque à laquelle les animaux arrivent à l'âge adulte ou au terme de leur accroissement. On sait que la lapine et la truie peuvent concevoir à l'âge de quatre à cinq mois; la brebis et la chèvre, de dix à douze mois; la vache, à un an et demi; la jument, de la deuxième à la troisième année. Les espèces dont les gestations sont courtes et fréquemment renouvelées peuvent se reproduire ainsi plusieurs fois de suite avant l'époque de leur développement complet.

L'organisme, au moment de la puberté, éprouve chez les animaux, dans les deux sexes, des modifications remarquables qui, pour la plupart, varient à l'infini suivant les espèces.

D'abord c'est vers cette époque que se dessinent les différences physiques, intellectuelles et instinctives, qui dans la généralité des animaux supérieurs se manifestent entre le mâle et la femelle. Pendant la première jeunesse, les deux sexes, à

peu près semblables par leur conformation, présentent sensiblement un caractère, des mœurs, des instincts et des habitudes uniformes. A mesure que se développe la faculté reproductrice, chaque sexe se modifie dans le sens du rôle qu'il est appelé à remplir. Le mâle, qui doit subjuguer ses rivaux par la force, se rendre souvent maître de la femelle par la violence, et devenir en quelque sorte le chef ou le dominateur de l'espèce, prend des formes plus rudes, une taille généralement avantageuse; il devient plus fort, plus courageux; sa voix prend une gravité qu'elle n'avait pas auparavant. La femelle, au contraire, destinée aux paisibles soins de l'éducation des petits, conserve des mœurs plus douces; sa conformation féminine est encore, jusqu'à un certain point, celle du jeune âge; elle ne prend pas les ornements qui semblent réservés pour marquer extérieurement la prééminence et la souveraineté du mâle; la physionomie, l'expression générale de tout son être ont un cachet caractéristique. Parmi ces changements, les plus remarquables tiennent à la conformation et à la taille des animaux, à l'état des organes sexuels, aux instincts et à diverses particularités très variables, suivant les espèces.

Relativement à la conformation, à la taille et à la physionomie, les changements qui dans chaque sexe se manifestent vers l'époque de la puberté, sont généralement les plus saillants. Le mâle, parmi les mammifères et les oiseaux polygames, prend des proportions plus avantageuses; dans l'espèce du cheval, l'encolure devient plus forte et plus épaisse, la crinière plus fournie, les naseaux plus amples et plus dilatables, le larynx et la trachée plus larges; dans l'espèce bovine, le taureau a la peau plus épaisse que la femelle, les articulations plus larges, l'encolure plus massive, la tête plus lourde, les cornes plus fortes, le fanon plus long; chez les cerfs, la tête du mâle s'orne d'un bois que ne porte pas la femelle; l'éléphant mâle porte des défenses bien plus longues que l'éléphant femelle; le lion possède une crinière épaisse dont la lionne est dépourvue. Parmi les oiseaux, l'âge de la puberté se marque par un changement dans le plumage; le coq prend une crête, une queue à longues plumes, des ergots plus ou moins développés; les caroncules du dindon, le plumage du faisan, celui de la plupart des oiseaux sauvages, offrent chez le mâle, soit des nuances particulières, soit des marques qui le distinguent de celui de la femelle. Parmi les poissons, les reptiles, et jusque chez les invertébrés, il y a des différences de taille, de conformation. Beaucoup d'insectes mâles sont plus petits que leurs femelles, et un grand nombre d'helminthes, les filaires, les ascarides entre autres, sont dans le même cas.

Les organes sexuels éprouvent des modifications remarquables à l'âge auquel les animaux acquièrent l'aptitude à la reproduction. Chez le mâle, les testicules deviennent plus volumineux, et dans quelques espèces ils sortent de la cavité abdominale; le sperme est sécrété en abondance, et les animalcules y apparaissent; ce fluide s'accumule dans les vésicules séminales jusqu'alors petites et resserrées; l'érection devient complète et fréquente; les émissions spermatiques commencent à s'opérer même quelquefois à l'approche des femelles sans qu'il y ait accouplement. Chez celles-ci, les mamelles prennent du développement et les ovaires se gonflent; il s'y développe des vésicules de Graaf. La ponte périodique commence à s'effectuer avec les caractères qu'elle conservera pendant le reste de la vie. Enfin une foule de modifications surgissent dans le caractère, les instincts, les mœurs et

les habitudes des animaux ; la plupart des traits de ressemblance, qui dans le jeune âge existaient entre les mâles et les femelles, s'effacent plus ou moins complétement.

Mais lorsque les animaux sont privés des organes essentiels à la reproduction, ils n'éprouvent plus, à l'âge auquel apparaît la fécondité, les changements qu'amène avec elle la puberté. Les formes, les proportions, la vigueur, le caractère et les habitudes des animaux se modifient d'une manière sensible. Privés jeunes de leurs testicules, le cheval et le bœuf, tout en arrivant au degré de développement propre à leur espèce, prennent des formes dont l'ensemble diffère notablement de la conformation générale de l'étalon et du taureau ; ces animaux deviennent moins lourds, moins massifs. Leur tête est moins forte, leur encolure plus droite, plus longue, plus mince ; leur garrot, leur poitrine plus étroits; leurs épaules moins massives, leur croupe plus légère, leurs articulations moins épaisses, leurs membres plus déliés. La peau paraît plus mince, la crinière moins touffue, l'ossature plus légère, le système musculaire moins développé, d'où résulte une diminution d'énergie. La moindre ampleur des voies aériennes, du larynx, du thorax, fait perdre à la voix de sa gravité. L'animal, n'étant plus dominé par les instincts de la reproduction, devient plus doux, plus facile à instruire et à gouverner. Mais si la castration est opérée vers l'âge adulte, elle ne fait qu'éteindre les instincts génésiques. L'animal ayant alors pris son développement à peu près complet, conserve la plupart de ses caractères. Les proportions du corps, le volume des masses musculaires, l'ampleur de la poitrine ne peuvent plus éprouver de modifications considérables.

Les animaux privés des attributs de leur sexe acquièrent une grande aptitude à l'engraissement ; leur chair est plus molle, d'une saveur plus agréable ; elle a perdu l'odeur souvent repoussante que possède celle des mâles arrivés à l'âge adulte.

La castration produit du reste des effets variables, suivant les animaux. Sous son influence, les cornes des ruminants deviennent plus saillantes, plus effilées ; les bois de plusieurs ne tombent plus, ou, s'ils étaient tombés lors de la mutilation, ne se renouvellent point. Le coq ne prend plus d'ergots robustes ; sa crête n'arrive pas à son développement ordinaire ; sa queue, son plumage, ne prennent pas leur aspect habituel ; sa voix ne vibre plus comme celle du maître de la basse-cour. Sans courage, sans énergie, il essuie les mauvais traitements du mâle qui jouit de la plénitude de ses facultés.

Les animaux qui sont parvenus à l'âge de la fécondité éprouvent périodiquement, et même quelquefois d'une manière continue, une excitation particulière qui les porte à perpétuer leur espèce.

Cet état, que l'on appelle le rut chez les animaux sauvages, et les chaleurs dans les espèces soumises à la domesticité, est caractérisé par une excitation générale qui reflète celle des organes génitaux, excitation coïncidant, comme nous le verrons chez les femelles, avec le travail de l'ovulation. Les phénomènes et les signes qui l'annoncent sont les uns communs aux deux sexes, les autres propres au mâle ou à la femelle.

Dans les deux sexes, l'appareil génital éprouve une turgescence plus ou moins vive qui en augmente la sensibilité, et qui y détermine des sécrétions abondantes. Cette stimulation de l'appareil reproducteur réagit sur toute l'économie ; une sorte

de fièvre s'empare de l'animal ; sa sensibilité s'exalte, il perd l'appétit, éprouve une soif très vive ; il est en proie à une vague inquiétude ; ses instincts génésiques, jusqu'alors assoupis, poussent les sexes à se rechercher et à se rapprocher. Le carnassier solitaire revient momentanément en société ; l'animal sauvage erre à travers les forêts, parcourt des déserts immenses à la rencontre d'un animal d'un autre sexe. Les troupes d'animaux sauvages se désunissent : l'amour, comme le dit Aristote, sépare les herbivores qui paissaient ensemble. Ceux qui viennent à se rencontrer, s'ils sont rivaux, se livrent souvent des combats terribles ; ils montrent un courage et une persévérance inusités à vaincre les obstacles qui s'opposent à la satisfaction de leurs désirs. Certains animaux domestiques, emportés par la fougue de leurs désirs, méconnaissent la voix de leur maître et deviennent intraitables.

Les mâles, dans la généralité des espèces, entrent périodiquement en rut, quoiqu'ils soient toujours disposés à couvrir leurs femelles, dès que celles-ci sont en chaleur. Pour ceux qui vivent à l'état sauvage, ce rut coïncide avec celui des femelles, et il est même déterminé par ce dernier, car la seule présence d'une femelle en chaleur suffit pour exciter au plus haut degré l'ardeur génésique du mâle. Néanmoins, en l'absence de la femelle, le rut du mâle se montre avec une certaine intensité, même chez les animaux qui ne se reproduisent pas en captivité, comme on le voit chez les éléphants et les rhinocéros de nos ménageries. Sous l'influence de cette excitation, le cheval hennit fréquemment, s'agite presque continuellement, trépigne, porte les oreilles dans toutes les directions ; il entre souvent en érection, éprouve quelques pertes séminales ; la contraction des crémasters maintient les testicules rapprochés de la région inguinale, et leur imprime parfois des mouvements très marqués. Le taureau a la bouche pleine d'écume ; il mugit à des intervalles très rapprochés, parcourt les prairies, flaire toutes les femelles qu'il rencontre, livre des combats terribles à ses rivaux. L'âne devient méchant, intraitable ; les béliers se battent entre eux avec fureur ; le dromadaire le plus doux est alors dangereux pour son conducteur. Parmi les espèces sauvages, le moment du rut est celui des combats, car c'est par la force et la violence que le vainqueur satisfait ses désirs, usurpant pour lui seul un droit que la nature a donné à tous. L'odeur de la transpiration et des sécrétions sébacées devient plus forte et prend des caractères particuliers, comme le bouc nous en offre un exemple remarquable, et cette odeur, chez les espèces sauvages, donne à la chair, au moment d'un rut, un goût désagréable. Chez certaines espèces, il s'établit des sécrétions sébacées abondantes, comme celles des glandes temporales de l'éléphant et du dromadaire. Ce dernier animal éprouve des sueurs au commencement et à la fin du rut ; un appendice de son voile du palais sort souvent de la bouche vers la commissure des lèvres, et une fois le rut passé la mue commence à s'effectuer. Les bois des cerfs, des chevreuils, des daims, qui servaient de parure nuptiale à ces ruminants, ne tardent pas à tomber aussitôt que le moment des amours est passé.

Les femelles, à l'époque du rut, éprouvent une excitation générale non moins vive que celle des mâles. Elles ressentent une ardeur fébrile qui leur fait perdre l'appétit et les jette dans une agitation presque continuelle. Elles recherchent les mâles, les suivent à distance, les provoquent souvent par des caresses, qu'elles

sont, suivant l'expression de Dugès, habituées à recevoir; elles montent sur eux, sur les mâles privés d'organes sexuels, de même que sur d'autres femelles ou sur des animaux d'espèces différentes. Elles font de fréquents efforts pour uriner, mais elles urinent peu à la fois; il y a dans quelques-unes, notamment chez les solipèdes, des mouvements très répétés du clitoris et des lèvres de la vulve; les mamelles se gonflent; la sécrétion du lait, si elle est active, diminue sensiblement; la muqueuse vaginale est injectée; il s'écoule par la vulve tuméfiée un fluide visqueux, parfois sanguinolent, analogue à celui de la menstruation chez la femme. Cet écoulement sanguinolent n'est pas, à beaucoup près, général parmi les mammifères; néanmoins il a lieu dans un assez grand nombre d'espèces. Buffon, G. Cuvier, F. Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire l'ont observé sur divers quadrumanes, notamment sur les femelles des macaques, des guenons, des cynocéphales. Plusieurs auteurs l'ont vu chez certains carnassiers, tels que les chauves-souris, les genettes, les chattes, les chiennes; sur des ruminants, et entre autres les femelles du buffle et les biches. Ce fluide, qui s'écoule en quantité plus ou moins appréciable au moment du rut, est très odorant; son odeur attire les mâles souvent à de grandes distances, et donne à ceux-ci les moyens de distinguer les femelles en chaleur de celles qui ne le sont pas. Qu'il soit simplement muqueux, ou roussâtre, ou sanguinolent, il devient pour le mâle qui flaire la femelle un excitant très énergique.

L'époque du rut n'est pas la même pour toutes les espèces animales; mais elle est fixée assez exactement pour la plupart d'entre elles. Les animaux domestiques et ceux qui, sans être réduits à un état de servitude, trouvent un abri et une subsistance assurée dans nos habitations, jouissent presque constamment, suivant l'observation de Fr. Cuvier, de la faculté reproductive. Les animaux sauvages, au contraire, n'ont de la tendance à la reproduction que dans certaines saisons de l'année et à des époques semblables pour tous les individus de la même espèce.

D'après les observations de Fr. Cuvier (1), les époques du rut sont assez bien déterminées pour les carnassiers, les rongeurs et les ruminants. Les premiers, comme on le savait déjà pour un grand nombre d'entre eux, sont en chaleur pendant l'hiver: les loups, de décembre à février; les renards, l'isatis, la chienne, à peu près au même moment; le hérisson, à la fin de l'hiver, en sortant de son engourdissement. Les ours font exception à la règle, très probablement à cause de la torpeur dans laquelle ils sont plongés pendant la saison froide; ils n'entrent en rut qu'en été. Toutefois, les carnassiers en captivité ne sont pas tous soumis à la loi; le lion, le tigre et les autres chats n'entrent en chaleur qu'à des époques variables et à des intervalles très éloignés; le loup ne devient en rut qu'au mois de mars, sous l'influence de la même cause.

Parmi les rongeurs, le lièvre est en rut surtout en février et en mars; le hamster, à la fin d'avril; l'ondatra et l'écureuil au printemps. Plusieurs d'entre eux faisant plusieurs portées par an, comme les rats et les campagnols, ont aussi nécessairement d'autres saisons que la fin de l'hiver pour se livrer à la reproduction.

Quelques pachydermes, comme les sangliers et plusieurs ruminants, le dromadaire entre autres, sont en rut pendant l'hiver, du mois de janvier au mois de

(1) *Du rut* (*Annales du Muséum*, 1807, t. IX, p. 118).

mars au plus tard ; mais la plupart sont en chaleur en automne ; les brebis et les chèvres en septembre, les rennes à la fin du même mois, les cerfs, les daims, les chevreuils en octobre et en novembre.

On sait que pour les oiseaux la saison des amours est la fin de l'hiver et le commencement du printemps. Alors la mue les a revêtus de leur plumage de noces; ils se rassemblent en troupes, font entendre leurs chants les plus harmonieux ; le mâle ne quitte plus la femelle dans les espèces monogames, comme les pigeons, qui préludent, comme le dit Pline, par des baisers à des caresses plus intimes.

La plupart des espèces domestiques entrent en rut toute l'année à des intervalles très rapprochés, de même que les animaux qui supportent, sans trop en souffrir, les ennuis de la captivité. Les singes, l'éléphant, le rhinocéros, le buffle, le zèbre, sont dans ce cas. Les mâles sont du reste toujours disposés à couvrir les femelles dès que celles-ci entrent en chaleur, comme on le voit pour le cheval, le taureau, le dromadaire, le bélier, le porc, le chien.

La durée du rut est plus ou moins longue, suivant les âges, les espèces et quelques autres circonstances. Elle ne dépasse pas un à deux jours chez la vache et la brebis, trois jours chez la chèvre, dix à douze jours chez la chienne ; souvent elle n'est que de douze à vingt-quatre heures chez les femelles non fécondées dont les chaleurs se sont déjà renouvelées plusieurs fois.

Le rut reparaît chez les mâles isolés et chez les femelles qui ne portent point, à des époques assez variables. La vache revient en chaleur toutes les trois semaines ou tous les mois, quelquefois à des intervalles beaucoup plus rapprochés ; la femelle du buffle et celle du zèbre, à peu près tous les mois, d'après F. Cuvier ; les singes, du vingtième au trentième jour ; les truies et les brebis, du quinzième au trentième, mais le plus généralement tous les mois. Le rut cesse après la fécondation, et il ne reparaît point pendant toute la durée de la gestation. Néanmoins il n'est pas rare de voir des truies et des juments pleines redemander et recevoir le mâle. Un assez grand nombre de femelles n'entrent pas encore en rut avant que la période de la lactation soit passée ; mais beaucoup d'autres, telles que la vache et l'ânesse, redemandent le mâle peu de jours après l'accouchement : c'est même alors que l'ânesse conçoit le plus aisément, suivant la remarque d'Aristote reproduite par Buffon.

Le rut peut, chez les animaux, se renouveler à peu près pendant tout le cours de la vie. Aristote en avait déjà fait l'observation pour la jument, l'ânesse, la vache, la chienne et les mâles de ces espèces ; il cite même un étalon qui pouvait encore effectuer la monte à l'âge de quarante ans. S'il est vrai que les animaux domestiques peuvent se reproduire jusqu'à un âge très avancé, il est certain que leur fécondité finit par s'épuiser au déclin de la vie, surtout chez les sujets affaiblis par le travail, quelquefois par les privations et les maladies.

L'excitation qui caractérise le rut et les phénomènes qui l'accompagnent ont leur point de départ, non dans les centres nerveux, comme Gall l'avait pensé, mais dans les organes génitaux. Nous verrons bientôt que chez les femelles le travail essentiel qui s'opère au moment des chaleurs est le détachement spontané d'un ovule qui était arrivé à sa maturité. Chez le mâle, l'excitation part d'abord, soit du système nerveux, soit des organes génitaux : du système nerveux, pour réagir sur ces organes lorsque le mâle est impressionné par la présence et les émanations de

la femelle; et, au contraire, des organes génitaux pour réagir sur les centres sensitifs, lorsque les fluides élaborés dans les premiers, n'étant point éliminés, y déterminent une irritation plus ou moins vive. Quant à la périodicité de cette excitation, elle est réglée par la nature en vue de la conservation des espèces. Aristote, si profond observateur, avait bien remarqué que l'époque du rut et de l'accouplement est celle qui permet aux jeunes animaux de naître dans les saisons où ils trouvent une nourriture assurée (1).

CHAPITRE LII.

DES ACTES SEXUELS PRÉPARATOIRES A LA FÉCONDATION.

La procréation d'un nouvel être exige, comme conditions préliminaires, la sécrétion d'un fluide animateur, la production d'un œuf apte à être fécondé, et enfin la mise en contact de ce fluide avec cet œuf. Nous examinerons donc successivement: 1° la sécrétion spermatique, 2° l'ovulation, 3° l'accouplement.

I. De la sécrétion spermatique.

Le fluide destiné à aviver les ovules est sécrété par deux glandes situées soit dans la cavité abdominale, soit à l'extérieur, et même quelquefois alternativement en dedans et en dehors de l'abdomen. Ces glandes spermagènes, connues sous le nom de testicules, se montrent sous l'aspect de tubes plus ou moins longs, flexueux, simples ou ramifiés, chez les insectes, les crustacés et un grand nombre de mollusques. Elles deviennent compactes dans les poissons, les reptiles, les oiseaux et les mammifères; mais elles y sont encore constituées par des canaux très fins, fréquemment anastomosés entre eux, et donnant naissance, en dehors de la masse glanduleuse, à un canal unique. Celui-ci, d'abord peu volumineux, mais de plus en plus large, décrit un grand nombre de circonvolutions dont l'ensemble forme l'épididyme auquel succède le canal déférent, qui va s'ouvrir dans l'urètre à l'orifice des vésicules séminales lorsqu'elles existent. Cette texture est des plus évidentes chez divers rongeurs, le rat notamment, chez lequel on reconnaît à l'œil nu que toute la masse du testicule résulte de l'enroulement d'un canal blanchâtre et plein de sperme. Au contraire, dans divers poissons, les testicules celluleux semblent formés d'un amas de petites loges pleines de sperme, qui est versé dans la cavité abdominale par le fait de la rupture des parois de ces dernières.

Les glandes spermagènes demeurent constamment dans la cavité abdominale chez les invertébrés, chez les vertébrés ovipares et quelques mammifères, tels que les cétacés, les carnassiers amphibies, l'éléphant, le daman, l'échidné, l'ornithorhynque. Ils demeurent aussi enfermés dans l'abdomen, d'après Cuvier, pour en sortir à l'époque du rut, chez les chauves-souris, la taupe, la musaraigne, le héris-

(1) *Histoire des animaux*, traduction française, liv. VI, p. 381.

son, le cochon d'Inde, le castor, le rat, l'écureuil et quelques autres. Enfin ils se trouvent en dehors de l'abdomen, à moins d'un arrêt de développement, chez la généralité des mammifères, soit en arrière de l'ischium, comme dans les carnassiers, le porc, le sanglier, le dromadaire, soit en avant du pubis et au-dessous de l'anneau inguinal dans les solipèdes, la plupart des ruminants. Je les ai aussi toujours trouvés à l'extérieur chez les rats, bien que le trajet inguinal y soit assez large pour leur permettre de rentrer aisément dans la cavité abdominale. Dans tous les animaux chez lesquels les testicules sont extra-abdominaux, ceux ci ont pour enveloppes la peau amincie, le dartos dérivé de la tunique abdominale, une membrane fibreuse tapissée en partie par le crémaster, une gaîne séreuse, continuation du péritoine, et enfin une capsule albuginée très résistante.

Les glandes spermagènes ont pour appareil excréteur le canal déférent qui s'ouvre dans l'urètre et auquel se trouvent annexées généralement deux vésicules séminales, une grande et deux petites prostates.

Le canal déférent, prolongement de l'épididyme, est plus ou moins large, suivant les animaux; très étroit dans les ruminants, assez large dans les solipèdes. Parvenu sur les côtés de la vessie, il offre généralement une dilatation allongée, à parois très épaisses. Cette dilatation, extrêmement prononcée chez le cheval et les autres solipèdes, est tapissée par une muqueuse dont la surface libre présente de nombreuses cellules glanduleuses pleines d'un fluide visqueux. Vers l'insertion du canal, se trouvent le plus souvent deux poches, très variables sous le rapport de leur forme, de leurs dimensions et de leur structure, faisant à la fois l'office d'organes sécréteurs et de réservoirs spermatiques.

Ces vésicules séminales, allongées, ovoïdes chez le cheval, où elles acquièrent parfois une capacité de 5 à 10 décilitres, ne contiennent jamais une très grande quantité de liquide. Elles sont, d'après Cuvier, ovalaires, très grandes et pourvues d'un muscle chez l'éléphant; allongées, lisses à la surface, effilées à la pointe et représentant à elles deux, chez le cochon d'Inde, un utérus bicorne; aplaties et découpées en avant comme la crête d'un coq chez les rats. Ces vésicules dans quelques animaux sont celluleuses, épaisses et à parois glandulaires; leur cavité est remplacée par de petites loges plus ou moins étroites, de telle sorte qu'on ne sait plus positivement si elles sont des vésicules séminales ou des prostates.

Ainsi, dans le bœuf et le bélier, elles sont bosselées à la surface et pourvues de parois très épaisses. Au centre de chaque bosselure existe une petite cavité qui communique avec un sinus commun assez étroit, s'ouvrant à l'insertion du canal déférent, et plein, de même que les petites cavités, d'une gelée épaisse. Divers auteurs les considèrent comme de véritables vésicules séminales; mais Cuvier, ayant égard à leur texture glanduleuse, en fait des prostates, non sans quelque raison, car leur contenu n'offre pas les caractères du fluide spermatique, et M. Duvernoy n'y a pas trouvé de spermatozoïdes. Chez le porc et le sanglier, les deux vésicules séminales sont énormes, d'un tissu rose pâle. Dépourvues de cavité commune, elles forment une infinité de cellules d'un diamètre de plusieurs millimètres, pleines d'un fluide blanchâtre lactescent, qui s'en écoule en grande quantité lorsqu'elles sont incisées. Elles sont découpées en plusieurs grands lobes, et également celluleuses chez le hérisson, où Cuvier les décrit comme des grandes prostates.

Les vésicules séminales, quelles qu'en soient la configuration et la structure, n'ont pas pour unique usage de tenir en réserve le sperme que leur apportent les canaux déférents. Elles constituent en outre de véritables organes glanduleux, qui sécrètent un liquide généralement blanchâtre, très consistant, prenant souvent l'aspect d'une gelée élastique très ferme, avec laquelle le sperme ne se mêle qu'en faible proportion ; néanmoins ce fluide s'y rend en assez grande quantité chez certains animaux, tels que le cheval, si l'on en juge par le grand nombre de spermatozoïdes que présente leur contenu.

Le fluide sécrété par les testicules est blanchâtre, plus ou moins épais, suivant les animaux ; d'une odeur particulière, caractéristique, d'une réaction faiblement alcaline. Il est très soluble dans l'eau, coagulable par l'alcool. Par le refroidissement, il laisse déposer des cristaux qui ont la forme de pyramides quadrangulaires. D'après Vauquelin, il est composé dans l'espèce humaine, sur 100 parties, de : eau, 900; substance mucilagineuse appelée spermatine, 10; soude, 10; phosphate de chaux, 30. Berzelius y a trouvé aussi les mêmes éléments. M. Lassaigne (1) a reconnu, il y a déjà longtemps, que le sperme du cheval, pris dans les vésicules séminales, contient beaucoup d'eau, une grande quantité de spermatine, du mucus, de la soude libre, du chlorure de sodium et du phosphate de chaux. Il serait bien à désirer qu'on analysât comparativement le sperme dans les divers groupes d'animaux aux divers âges de la vie, à l'époque du rut et dans les intervalles des périodes de cette excitation, chez les sujets stériles et chez ceux qui jouissent de leur fécondité. Il ne serait pas moins intéressant de l'examiner successivement dans le testicule, l'épididyme, les canaux déférents, les vésicules séminales, et après son émission, afin de juger des changements qu'il éprouve, surtout par suite de son mélange avec les fluides qu'il rencontre dans les voies de son excrétion.

Le sperme, examiné au microscope, montre des granulations d'une nature particulière, des globules muqueux, des cellules épithéliales, souvent réunies en plaques, et enfin les filaments connus sous le nom de zoospermes, de spermatozoïdes, le tout en suspension dans un véhicule aqueux.

Les spermatozoïdes découverts par Ham en 1677, et décrits d'abord avec beaucoup de détails par Leuwenhoeck, ont fait le sujet des études d'un assez grand nombre d'observateurs modernes. Ils existent dans le fluide séminal de tous les animaux qui jouissent de la faculté de se reproduire, et ils s'y meuvent avec une grande rapidité. Ils se présentent souvent sous l'aspect de filaments cylindriques ou fusiformes, un peu renflés à l'une de leurs extrémités, et terminés à l'autre par un prolongement effilé. Ils ont, d'après Wagner, le corps ovale et aplati et la queue mince dans l'espèce humaine et dans la plupart des singes; le corps pyriforme chez le chien, le lapin, le chevreuil ; ovoïde chez le taureau, oblong chez les solipèdes. Ils ont un corps presque cylindrique et un appendice caudal très délié, souvent contourné en spirale chez les oiseaux. Leur configuration offre d'assez nombreuses variétés dans les reptiles, les poissons et les diverses classes d'invertébrés.

Ces spermatozoïdes, dont la longueur chez les mammifères varie d'un dixième

(1) *Abrégé élémentaire de chimie*, 4e édit, t. II.

à un vingtième de millimètre, ont un mode de développement très remarquable, que les observations de R. Wagner, de Lallemand et de Kölliker ont mis en évidence. D'après le premier de ces micrographes, le testicule des passereaux ne contient, pendant l'hiver, que des granulations assez petites qui, vers la saison des amours, se dilatent, et montrent à leur intérieur un certain nombre de globules au milieu desquels se forme un faisceau de spermatozoïdes. Ceux-ci deviennent libres par la destruction ou la rupture de la vésicule qui les a renfermés pendant leur développement. Lallemand a vu chez les raies, à l'époque du frai, se dessiner dans le testicule des ampoules qui, d'abord transparentes, offraient bientôt un contenu granuleux, et plus tard des faisceaux d'animalcules spermatiques. Kölliker, qui a vérifié ces particularités, en leur donnant une grande précision, a constaté qu'il se développe dans les cellules épithéliales des canaux séminifères, des vésicules qui ne tardent pas à devenir libres par la destruction de la cellule épithéliale. Dans ces vésicules apparaissent plusieurs globules, et à l'intérieur de chaque globule se développe un spermatozoïde roulé sur lui-même. Ceux-ci, devenant libres à leur tour par la dissolution des parois des globules, se disséminent inégalement ou se rassemblent en faisceaux dans la cavité vésiculaire. Enfin, lorsque la vésicule vient à se rompre, elle met en liberté les spermatozoïdes encore rassemblés en faisceaux, dont la dissociation s'opérera dans le trajet des voies séminales. Dès ce moment, les zoospermes ne subissent plus dans l'épididyme, le canal déférent et les vésicules séminales, que des modifications de formes assez peu importantes, dont la figure 87 donnera une idée, d'après Kölliker, en ce qui concerne le lapin.

Fig. 87 (*).

Les spermatozoïdes, qu'il faut considérer comme l'élément essentiel et caractéristique du sperme, n'existent pas constamment dans ce fluide. On n'en trouve aucun avant l'époque à laquelle les animaux acquièrent la faculté de se reproduire, et ils disparaissent totalement lorsque les mâles perdent cette faculté par les progrès de l'âge, par le fait de la maladie, ou d'autres causes analogues. Chez les mâles qui sont constamment en chaleur, comme ceux de nos espèces domestiques, ils ne manquent jamais dans la liqueur séminale; au contraire, chez ceux dont le rut est périodique, ils n'apparaissent qu'à l'époque de cette excitation. D'après Lallemand, on les voit en nombre variable, plus ou moins incomplétement développés, et même remplacés par des globules chez les sujets malades ou affaiblis. Enfin, suivant Bonnet, Prevost et Dumas et d'autres observateurs, le sperme des mulets en est totalement dépourvu. Ce fluide, chez les hybrides, contient tout au plus, comme l'a reconnu Wagner, des globules, et quelquefois des filaments irréguliers qui sont des spermatozoïdes incomplets dont le développement a été arrêté. Il est à noter, d'après les observations de M. Goubaux faites sur divers animaux, et plus tard par M. Follin sur l'homme, que le sperme des testicules arrêtés dans leur

(*) Fig. 87. — *A*, *b*, spermatozoïdes du testicule ; *c*, spermatozoïdes du canal déférent: *d*, spermatozoïdes des vésicules séminales.

développement et retenus dans l'abdomen reste dépourvu de spermatozoïdes.

La nature et l'organisation de ces filaments si remarquables ne sont point encore déterminées. Les premiers observateurs qui les ont étudiés les regardaient comme des infusoires, surtout en raison des mouvements qu'ils exécutent. Buffon en faisait des molécules organiques. Ehrenberg les a classés parmi les infusoires, et divers micrographes ont cru leur reconnaître un suçoir, des ventouses, une cavité digestive, et même des organes reproducteurs; mais aujourd'hui on ne croit plus guère à leur animalité, car ils ne paraissent ni absorber, ni digérer, ni se reproduire comme le font même les infusoires les plus simples.

Si les spermatozoïdes ne sont pas des êtres vivants, il faut convenir qu'ils en possèdent quelques caractères. Ils exécutent dans le sperme des mouvements rapides, surtout lorsque ce fluide, dilué dans l'eau, a perdu une grande partie de sa viscosité. Leurs mouvements, qui semblent produits par les ondulations ou les inflexions de la queue, peuvent persister plusieurs heures après que le sperme a été recueilli. Divers observateurs, et entre autres MM. Prevost, Dumas, Bischoff, ont même constaté ces mouvements dans l'utérus et les trompes, sept ou huit jours après que les zoospermes y avaient été introduits à la suite de l'accouplement. La motilité des spermatozoïdes cesse sous l'influence des décharges électriques ; elle est également suspendue par le froid, par une chaleur trop élevée, par l'action de l'acide cyanhydrique, de l'opium, de la strychnine, de l'alcool, des acides.

En étudiant les phénomènes de la fécondation, nous pourrons apprécier le rôle important des spermatozoïdes et l'utilité de leurs mouvements.

II. De l'ovulation.

Pendant que dans le mâle les glandes spermagènes préparent un élément essentiel à la production d'un être nouveau, les ovaires, dans la femelle, sont le siége d'un travail par lequel se forme un second élément contenant le germe de ce nouvel être, c'est-à-dire un œuf dont le développement pourra s'opérer sous l'influence vivifiante du fluide séminal.

L'ovulation et la sécrétion spermatique sont deux phénomènes parallèles et corrélatifs dans tous les animaux, à sexes réunis ou à sexes séparés. Tous les deux sont spontanés, et coexistent à partir de l'âge de la puberté jusqu'à celui où cesse l'aptitude à la reproduction. Tous les deux jouissent de leur maximum d'activité à l'époque du rut dans toutes les classes animales.

L'ovaire, appelé par les anciens le testicule de la femelle avant que Sténon et de Graaf eussent reconnu sa nature et soupçonné l'identité de sa structure dans la généralité des animaux, se compose chez les mammifères d'une gangue cellulo-fibreuse pénétrée de vaisseaux, et au milieu de laquelle sont disséminées des vésicules qui elles-mêmes contiennent les ovules. La gangue ou le stroma, plus abondante pendant le jeune âge et dans les intervalles du rut, existe en proportion variable suivant les espèces. Dans quelques-unes, comme la vache, la lapine, la hase, elle y est en telle quantité que l'ovaire semble à première vue compact et homogène. Dans d'autres, au contraire, suivant la remarque de Cuvier, le stroma

est peu abondant, tandis que les vésicules de de Graaf sont nombreuses et très grandes, ce qui donne à l'ovaire, non plus l'aspect d'une glande parenchymateuse, mais la forme d'une grappe analogue à l'ovaire des oiseaux : ainsi, chez la civette, le hérisson, la truie, la sarigue et les monotrêmes.

Les vésicules de de Graaf, pleines d'un fluide jaunâtre, albumineux, transparent, dans lequel j'ai signalé la présence du sucre, sont formées par trois membranes distinctes : la première celluleuse, assez mince ; la seconde ou tunique propre, très vasculaire, constituée par des cellules microscopiques, adhérant très intimement les unes aux autres ; la troisième, très mince, résultant aussi de l'association de cellules, mais de petites cellules sphériques faciles à dissocier et pleines de granulations. L'ovule se développe, suivant la plupart des observateurs, dans l'épaisseur de cette dernière membrane, ou, d'après M. Pouchet, entre celle-ci et la tunique propre. Il est logé là au milieu d'un amas de cellules granuleuses auquel de Baer a donné le nom de *cumulus* ou de *disque prolígère*.

Fig. 88 (*).

Chez les oiseaux, parmi les ovipares, l'ovaire, quoique plus simple que celui des mammifères, a essentiellement la même composition. Le stroma, très peu abondant, y est seulement représenté par un tissu cellulaire fin, mêlé à des vaisseaux. Les œufs, remarquables par leur nombre et le volume qu'ils peuvent y acquérir, donnent à l'organe la forme d'une grappe. Chacun d'eux est renfermé dans un calice sphérique correspondant à la vésicule de de Graaf des mammifères, et s'ouvrant pour laisser échapper l'œuf qui doit s'engager dans l'oviducte (fig. 88).

L'ovaire des autres animaux ovipares consiste essentiellement en une agglomération d'œufs développés, soit dans une trame cellulo-vasculaire, soit dans l'épaisseur des membranes. Il ressemble, chez les lézards, à une grappe analogue à celle des oiseaux. Chez les serpents, il a la forme d'un long canal contenant les œufs. Il constitue, chez la plupart des poissons, un sac allongé, plissé en divers sens, présentant à sa face interne des lames dans l'épaisseur desquelles se produisent les œufs ; quelquefois même, il n'y est constitué que par une simple expansion membraneuse servant de gangue ou de stroma pour les ovules.

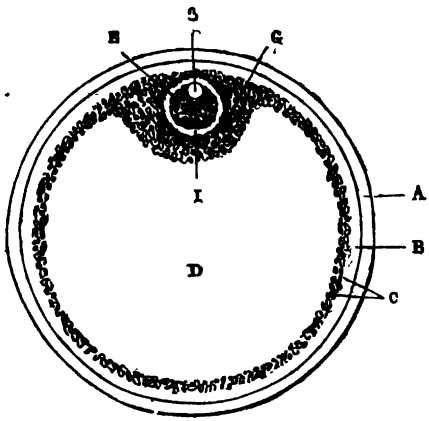
L'ovule ou l'œuf proprement dit, tel qu'il se présente dans l'ovaire, offre une constitution remarquable par son uniformité dans les diverses classes animales, et

(*) Fig. 88. — *Ovaire de poule*, d'après Wagner. — *a*, jaune arrivé à maturité dans son calice ; *bb*, stigmate du calice ou ligne par laquelle s'opérera la déchirure destinée au passage du jaune ; *cc*, jaunes incomplétement développés ; *d*, calice vide après la sortie d'un œuf descendu dans l'oviducte ; *e*, cicatricule des jaunes qui n'ont pas encore atteint leur maturité.

surtout parmi celles de l'embranchement des vertébrés. Il se compose chez les mammifères, où il n'a qu'environ un dixième de millimètre de diamètre, de trois parties essentielles qui sont la membrane vitelline, le vitellus et la vésicule germinative (fig. 89).

La *membrane vitelline*, désignée par de Baer sous le nom de *zone transparente*, forme à l'ovule, d'après Bischoff (1), une enveloppe membraneuse épaisse, hyaline, transparente, élastique, sans texture déterminée. Ses contours externe et interne ont l'aspect de deux lignes circulaires entre lesquelles se dessine un anneau diaphane. Quelques observateurs la croient constituée seulement par une couche d'albumine déposée à la surface de l'ovule, mais la résistance qu'elle présente lorsque l'œuf est soumis à une pression assez forte, et l'apparence de sa déchirure quand l'ovule a été dilacéré, éloignent l'idée d'un simple enduit albumineux.

Fig. 89 (*).



Le *vitellus* ou sphère vitelline, l'analogue du jaune dans l'œuf des oiseaux, est contenu dans l'enveloppe transparente dont il vient d'être question. C'est un fluide épais, visqueux, mêlé à une grande quantité de granulations fines, et, chez beaucoup d'animaux, ce n'est qu'une masse de granules avec fort peu de liquide dans son épaisseur. Celui des oiseaux est constitué, d'après Pouchet, par des vésicules polygonales pleines d'un liquide dans lequel oscillent avec rapidité des granules très ténus, granules qui sortent lentement des vésicules, lorsque celles-ci éprouvent dans leur paroi une solution de continuité ; mais cette dernière organisation, qui paraît assez générale parmi les ovipares, n'appartient pas à l'œuf des mammifères.

La *vésicule germinative*, découverte par Purkinje dans l'œuf des oiseaux, et par M. Coste dans celui de la femme et des mammifères, est une petite vésicule hyaline, à parois minces, occupant dans le principe à peu près le centre du vitellus, mais se rapprochant insensiblement de la circonférence de celui-ci à mesure que l'ovule parvient à la maturité. Elle renferme un liquide incolore dans lequel on trouve souvent des granules plus ou moins fins, qui manquent dans beaucoup d'oiseaux et de poissons. Ces corpuscules, en s'accumulant en un point de la face interne de la vésicule, y forment une tache que Wagner a appelée germinative. Cette tache, très variable aussi quant à son étendue et à son aspect, a été trouvée multiple dans divers animaux, notamment chez la brebis et la lapine. Elle semble-

(*) Fig. 89. — *Ovule renfermé dans la vésicule de de Graaf.* — A, feuillet externe de la vésicule ; B, deuxième feuillet ; C, membrane granuleuse ; G, disque prolifère ; D, liquide de la vésicule ; E, ovule ; 1, membrane vitelline ; 2, vitellus ; 3, vésicule germinative.

(1) *Traité du développement de l'homme et des mammifères* Paris, 1843, p. 9.

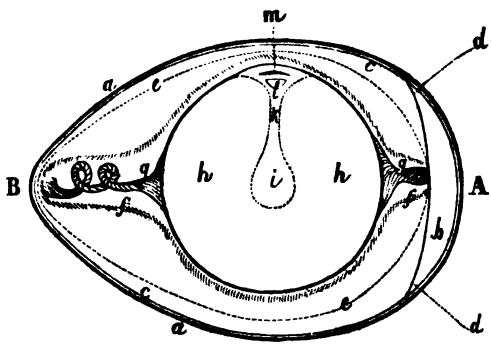
rait ne pas avoir, d'après les recherches de M. Coste (1), l'importance que lui ont attribuée les premiers observateurs.

L'œuf des oiseaux, pris comme type des ovipares, présente, tant qu'il est dans l'ovaire, les mêmes parties essentielles que celui des mammifères. En partant de la circonférence vers le centre, il offre : 1° une membrane mince, pellucide, analogue à la membrane vitelline ou zone transparente de l'ovule des mammifères ; 2° le vitellus ou le jaune contenu dans l'enveloppe précédente, et composé de cellules pleines d'un fluide granuleux ; 3° en un point de la surface du vitellus un petit amas de granulations, au milieu desquelles se trouve la vésicule germinative. Le cumulus, formé par les granulations et la vésicule germinative, constitue ce qu'on appelle depuis longtemps la cicatricule.

Lorsque cet œuf, déjà très volumineux, quitte l'ovaire, il parcourt lentement le trajet de l'oviducte, s'y recouvre d'abord d'une couche albumineuse dont l'épaisseur augmente progressivement, puis d'une membrane blanche, et enfin d'une coquille de nature calcaire. Il s'annexe ces nouveaux éléments accessoires, afin de fournir au nouvel être tous les matériaux de son développement, puisque cet être doit parcourir toutes les phases de son évolution embryonnaire sans rien recevoir de sa mère. Il est facile de concevoir que l'œuf des mammifères qui doit se greffer dans l'utérus, et y puiser tout ce qui est nécessaire à la formation et à l'accroissement du fœtus, reste si petit et dépourvu des annexes propres à celui des animaux ovipares.

L'œuf dont nous venons de voir les caractères essentiels ne se produit pas dans l'ovaire, comme on pourrait le croire, seulement à l'âge de la puberté et à l'époque du rut. Cet œuf se développe de très bonne heure, indépendamment du rapprochement des sexes, et, dans toutes les classes animales, il préexiste à la fécondation.

Fig. 90 (*)



On sait depuis fort longtemps que les ovaires des oiseaux, des reptiles, des poissons, et ceux des divers invertébrés, contiennent des œufs à un âge antérieur à celui de la fécondité, et que, par conséquent, ils doivent s'y former sans l'intervention du mâle. Il y a plus, M. Duvernoy a même constaté la présence des œufs dans les ovaires des

(*) Fig. 90. — *Coupe idéale de l'œuf de poule*, d'après de Baer. — A, pôle obtus; B, pôle aigu; *a*, coquille; *b*, chambre à air; *c*, membrane testacée qui en *dd* se divise en deux fenêtres pour circonscrire la chambre aérienne; *ee*, limites du blanc épais; *ff*, limites du blanc très épais qui tient aux chalazes *gg*; *hh*, jaune ou vitellus; *i*, apparence de cavité dans le jaune; *k*, apparence de canal; *l* et *m*, cicatricule où la vésicule germinative a déjà disparu, et dans laquelle se développeront les premiers linéaments du poulet.

(1) *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*. Paris, 1847.

fœtus de poissons. Divers observateurs les ont vus dans les ovaires des jeunes filles peu après la naissance, et Carus en a trouvé jusque dans un fœtus de vache arrivé au terme de la vie utérine. Enfin, un certain nombre de ces œufs, formés de très bonne heure, peuvent parvenir à maturité avant l'âge de la reproduction ou avant le moment de la fécondation, et laisser sur l'ovaire les corps jaunes qui deviennent la marque de leur chute. Des corps de ce genre ont été reconnus par Malpighi, Vallisnieri, Brugnone, et depuis par beaucoup d'autres observateurs, dans l'ovaire de filles vierges, et dans celui de plusieurs femelles mammifères qui n'avaient jamais eu de rapports avec les mâles.

Bien que la formation des œufs dans l'ovaire s'effectue à partir de la vie embryonnaire, l'ovaire est loin de présenter, dès le principe, les caractères qu'il offre à l'époque de la puberté et au moment du rut. Chez les fœtus des mammifères et les très jeunes femelles de cette classe, l'ovaire est mou, très vasculaire, et en apparence homogène. Ainsi, l'ovaire du fœtus de jument est énorme, d'une mollesse extrême, riche en vaisseaux ; son stroma, d'une teinte brune foncée, rappelle la couleur de la substance testiculaire du cheval, et, au milieu de cette gangue, les vésicules de de Graaf ne semblent pas apparentes à l'œil nu. Cet ovaire présente encore ces caractères quelque temps après la naissance, mais peu à peu le stroma prend de la densité, perd de sa vascularité primitive ; les vésicules augmentent de volume, atteignent un diamètre de 2, 3, 4, 5 millimètres, de 1, 2 centimètres de diamètre. Enfin, à l'âge adulte et dans la vieillesse, un certain nombre d'entre elles, notamment les plus superficielles, acquièrent un volume énorme, proéminent à la surface de l'ovaire, et se transforment en véritables kystes.

Les œufs renfermés dans l'ovaire des jeunes femelles, quelle que puisse être l'exiguïté des vésicules de de Graaf, n'en contiennent pas moins toutes les parties qui caractérisent l'œuf de la femelle parvenue à l'âge de la fécondité. Aux approches de la puberté, quelques vésicules de de Graaf subissent des changements remarquables, arrivent à maturité, et, au moment du rut, elles se rompent, laissent échapper leurs ovules. C'est à ces phénomènes, dont la découverte est toute moderne, qu'on a appliqué les noms de ponte périodique ou d'ovulation spontanée.

D'abord il est incontestable que, chez les invertébrés et les vertébrés ovipares, les œufs formés dans l'ovaire avant la fécondation et sans l'intervention du mâle peuvent se détacher spontanément de l'ovaire et être pondus également sans le concours de l'autre sexe. Ainsi, Rœsel, Pallas, Treviranus, et plusieurs observateurs modernes, ont vu que les femelles d'insectes, sans avoir jamais eu de rapports avec les mâles, pondaient des œufs ayant les caractères ordinaires. Les poissons osseux, chez lesquels il n'y a jamais d'accouplement, pondent leurs œufs à une époque déterminée, et ceux-ci sont fécondés lorsqu'ils viennent à rencontrer le sperme que le mâle a répandu dans les eaux. Les batraciens émettent aussi spontanément leurs œufs, que le mâle, cramponné sur la femelle, féconde à mesure qu'ils sortent des voies génitales. Enfin les femelles d'oiseaux privées de mâles peuvent pondre, et même autant d'œufs que dans les conditions ordinaires. Le fait, devenu vulgaire en ce qui concerne la poule, est attesté, pour divers oiseaux, par les observations de Buffon, Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire, Duméril, etc.

Cette émission spontanée des œufs, tout à fait indépendante du concours du

mâle et de la fécondation, a lieu aussi bien chez les mammifères que chez les animaux ovipares ; seulement comme elle est assez peu manifeste dans les premiers elle n'y a été constatée qu'à la suite de longues investigations.

La présence des corps jaunes observée chez de jeunes filles encore vierges, et dont l'hymen restait intact, de même que dans l'ovaire de femelles qui n'avaient point porté, le fait de la ponte périodique chez les oiseaux séparés des mâles et chez les ovipares où il n'y a pas rapprochement des sexes, avaient fait soupçonner à plusieurs physiologistes l'existence de l'émission spontanée des ovules chez les mammifères. M. Coste (1) émit, en 1837, l'idée que les œufs peuvent sortir de l'ovaire indépendamment de la fécondation. Négrier reproduisit la même opinion d'après des observations dans lesquelles il avait vu les corps jaunes se former chez les femmes à l'époque de la menstruation. Mais c'est à un naturaliste français très distingué, M. Pouchet (2), que la science est redevable d'avoir clairement établi, dans toute sa généralité, le phénomène de l'ovulation spontanée, en montrant « que l'œuf est toujours produit à une époque fixe en rapport avec l'une des phases du rut, et qu'il est constamment émis au dehors indépendamment de la fécondation. » Peu après, Bischoff (3) ajouta, par de belles expériences, des preuves nouvelles à la loi précédente, et en donna ainsi une démonstration irréfragable. Il enleva d'abord à des lapines, à des chiennes et à des truies, soit l'utérus tout entier, soit l'une des cornes de cet organe. Après la guérison des femelles, le rut survint, il y eut accouplement : les vésicules de de Graaf se rompirent ; il se forma des corps jaunes, et les œufs détachés de l'ovaire furent retrouvés dans les trompes de Fallope demeurées intactes. Puis, sur d'autres femelles de même espèce, après la ligature ou l'extirpation de l'utérus, il ne permit pas l'approche du mâle ; néanmoins, la ponte eut lieu également à l'époque du rut ; on retrouva des vésicules rompues ou à la veille de se rompre, et des ovules dans les oviductes.

Les phénomènes préparatoires de la ponte périodique ou de l'ovulation spontanée, chez les mammifères, consistent en une surexcitation plus ou moins vive de l'appareil génital, et surtout en une turgescence de l'ovaire, dont quelques vésicules doivent se rompre pour laisser échapper leur contenu.

A la surface de l'ovaire, légèrement gonflé, du moins dans un certain nombre d'animaux, on voit des vésicules de de Graaf plus volumineuses que ne le sont toutes les autres ; elles soulèvent les enveloppes de l'ovaire, font une saillie plus ou moins circonscrite à la surface de cet organe qu'elles rendent bosselé ; l'enveloppe albuginée de l'ovaire s'amincit peu à peu au niveau des vésicules proéminentes, et autour de ces vésicules ; les vaisseaux sanguins, devenus plus visibles, et le stroma congestionné, attestent une irritation locale assez vive. D'après les observations de Pouchet, les parois de la vésicule s'épaississent considérablement, et il s'opère peu à peu dans l'intérieur de celle-ci un épanchement sanguin qui se substitue au fluide séro-albumineux. Le sang fourni par les vaisseaux de la membrane propre de la vésicule ovarienne, d'abord fluide et à globules libres, tout à

(1) *Cours sur le développement de l'homme et des animaux*. Paris, 1837, p. 455.

(2) *Théorie positive de la fécondation*. Paris, 1842. — *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation*. Paris, 1847, p. 169.

(3) *Annales des sciences naturelles*, 1844, 3e série, t. II, p. 105, 128.

fait isolés, se prend en un caillot consistant ; du moins, c'est ainsi que les choses se passent chez la truie.

Une fois que la vésicule de de Graaf a éprouvé ces remarquables changements, elle se trouve très distendue, et ses parois, injectées, ont perdu leur résistance primitive. Bientôt celles-ci cèdent dans un point superficiel ; il se forme une fente irrégulière plus ou moins étendue, à travers laquelle s'échappe l'ovule, entraînant avec lui les débris de la membrane granuleuse.

Chez les femelles qui font un seul petit, on ne voit qu'une vésicule subir ces modifications et se rompre à chaque époque du rut ; mais chez les femelles multipares, plusieurs vésicules arrivent simultanément à maturité pour laisser échapper autant d'ovules qu'il se développera de fœtus. Ainsi, chez la truie, d'après M. Pouchet, chaque ovaire donne de quatre à six vésicules qui se rompent (fig 91 et 92), et chez la lapine (fig. 93) à peu près le même nombre.

Fig. 91 (*).

Fig. 92 (**).

Fig. 93 (***).

(*) Fig. 91. — *Ovaire de truie*, d'après Pouchet. — Deux vésicules de de Graaf arrivées à maturité commencent à s'ouvrir pour laisser échapper l'œuf.

(**) Fig. 92 représentant, d'après le même, un ovaire de truie dont plusieurs vésicules ont acquis tout leur développement. Trois d'entre elles, longuement ouvertes, ont laissé échapper l'ovule. Un œuf se trouve encore entre les lèvres de l'une d'elles.

(***) Fig. 93. — *Ovaire de lapine grossi trois fois.* — Plusieurs vésicules ne sont pas encore arrivées à leur complet développement. Quelques-unes ont déjà émis leur ovule.

Le mode suivant lequel la vésicule de de Graaf se rompt et laisse échapper l'ovule n'est pas encore parfaitement déterminé, si l'on en juge par les dissidences qui règnent sur ce point entre les observateurs les plus habiles. M. Pouchet pense que la rupture de la vésicule ovarienne dérive de l'épanchement sanguin qui s'y opère au moment du rut. D'après lui, le sang qui se dépose peu à peu dans la vésicule, et qui est fourni par une exhalation des vaisseaux de la membrane propre, finit par distendre outre mesure les parois de cette vésicule. Cet épanchement sanguin commencerait d'abord dans la partie la plus profonde de la vésicule, et, en augmentant, il amènerait l'ovule dans le point le plus superficiel, c'est-à-dire à l'endroit où s'opère la déchirure lorsque la distension est portée à son terme. Mais M. Coste prétend que la déchirure de la vésicule ovarienne dérive seulement d'une augmentation de la quantité du fluide séreux qui la remplit, et il assure que l'ovule, au lieu d'être situé à la région profonde de la vésicule, est, au contraire, placé dans un des points les plus rapprochés de la superficie de l'ovaire, situation qui en rend nécessairement l'émission plus facile.

Les vésicules de de Graaf s'ouvrent indifféremment dans tous les points de la surface de l'ovaire chez la plupart des animaux où le pavillon de la trompe est assez large pour envelopper à peu près complétement la trompe. Mais il ne semble pas en être ainsi chez les solipèdes, dont l'ovaire, très volumineux, ne peut être entièrement recouvert par le pavillon. Il est probable que, dans ces animaux, la déchirure des vésicules s'opère dans le fond du hile ou de l'échancrure de l'ovaire; du moins, c'est là que j'ai rencontré une fois une vésicule pleine de sang et commençant à se déchirer et une autre fois une vésicule portant une large fente par laquelle s'était échappé l'ovule. Jamais je n'ai vu, en d'autres points de la surface de la glande, ni vésicules semblables ni corps jaunes récents et bien caractérisés.

Chez les femelles qui font plusieurs petits à chaque portée, tous les ovules quitteraient à la fois l'ovaire, d'après Bischoff et Barry; leur ponte serait tellement simultanée qu'il n'y aurait pas même une heure d'intervalle entre la chute de l'un d'eux et celle d'un autre, mais ce fait est très contestable. M. Pouchet le nie en se fondant sur ce que des ovaires de femelles en chaleur présentent, à un moment donné, des vésicules de de Graaf déchirées, tandis que d'autres sont seulement à la veille de se rompre. Je partage volontiers l'opinion de ce dernier observateur; car, en pratiquant la castration sur une truie, pour des démonstrations chirurgicales, j'ai trouvé, à la surface de l'un des ovaires, deux vésicules de de Graaf ouvertes et saignantes, et près d'elles, deux autres pleines de sang, mais non encore déchirées.

L'ovule que laisse échapper la vésicule de de Graaf ouverte est recueilli par le pavillon de la trompe plus ou moins exactement appliqué à la surface de l'ovaire, puis il descend dans la trompe, parvient à l'utérus où il se développe, s'il a été soumis à l'action vivifiante du fluide séminal. Il est recueilli d'autant plus sûrement que le pavillon enveloppe plus complétement l'ovaire. Sous ce rapport, on sait que les carnassiers sont dans les meilleures conditions, puisque le pavillon forme une capsule qui coiffe exactement la glande ovigène.

Une fois que les vésicules ovariennes déchirées ont laissé échapper l'ovule, elles éprouvent des modifications remarquables à la suite desquelles elles sont transfor-

mées en corps jaunes. Après leur déhiscence, les vésicules de de Graaf conservent d'abord leur volume et restent saillantes à la surface de l'ovaire; leur cavité est complétement remplie par un caillot sanguin, rouge, brunâtre, et leur ouverture, plus ou moins resserrée, forme une légère excavation vers le milieu de la vésicule. La membrane propre de celle-ci, constituée par des cellules, augmente d'épaisseur; elle se plisse, d'après les observations de M. Pouchet, et ses cellules augmentent de volume. Peu à peu le caillot sanguin se résorbe; le diamètre du corps jaune diminue. Ce corps s'affaisse, perd sa teinte rouge sanguine, prend une couleur rosée, puis jaunâtre; il pâlit progressivement, et bientôt il ne se distingue plus nettement du stroma de la glande ovigène.

Les corps jaunes persistent assez longtemps après la déchirure de la vésicule dont ils dérivent. De Graaf avait déjà observé que, chez les vaches et les brebis, où ils sont énormes, ceux de ces corps formés à la suite de la fécondation restaient apparents pendant toute la durée de la gestation, et s'effaçaient seulement après le part. J'ai pu, en examinant un assez grand nombre de vaches et de brebis pleines, m'assurer de l'exactitude de cette remarque. Le *corpus luteum*, chez ces femelles, reste assez distinct à toutes les périodes de la gestation pour qu'on puisse dire avec certitude lequel des deux ovaires a fourni l'œuf fécondé; de plus, l'ovaire qui a donné cet œuf reste habituellement, au moins dans la brebis, plus volumineux que l'autre, et renferme un stroma abondant et rosé, tandis que l'autre ovaire, plus petit, pâle intérieurement, a très peu de ce même stroma.

Le travail par lequel s'effectuent au sein de l'ovaire la maturation et la chute de l'œuf coïncide avec l'état d'excitation, qu'on appelle le rut chez les animaux sauvages, et les chaleurs chez les femelles domestiques; il correspond chez la femme à la menstruation. L'uniformité de ses phénomènes caractéristiques montre clairement que les mammifères sont soumis à la loi générale de la ponte périodique chez les ovipares.

Un seul des phénomènes liés à l'ovulation semble propre à l'espèce humaine; mais nous avons vu qu'il s'observe aussi, dans de certaines limites, chez les animaux; je dis dans de certaines limites, car il est incontestable que l'exhalation sanguine, à l'époque du rut, est à peine appréciable chez un très grand nombre de femelles mammifères. Évidemment, depuis Aristote, beaucoup d'auteurs, Stahl, Linné, entre autres, sont allés trop loin en disant que la vache, la jument, par exemple, éprouvent un flux cataménial semblable à celui de la femme. Le plus souvent, à l'époque des chaleurs, il ne s'écoule par la vulve que des mucosités jaunâtres; quelquefois seulement ces mucosités sont très légèrement sanguinolentes, surtout à la suite des approches du mâle. Néanmoins, les observations de M. Pouchet faites sur les truies, les chiennes, les chattes en chaleur, démontrent que la muqueuse utérine, alors fortement congestionnée, exhale à sa surface un fluide dans lequel le microscope permet de reconnaître des débris d'épithélium, des globules muqueux et quelques globules sanguins.

Toutefois, il est hors de doute que les femelles des singes, notamment celles des macaques et des cynocéphales dont l'utérus se rapproche de celui de la femme par son exiguïté, offrent un écoulement périodique très analogue à celui de la menstruation humaine. Chez ces femelles, l'irritation des parties sexuelles est même

tellement vive qu'elle se propage aux parties voisines; car, ainsi que l'ont vu Cuvier et Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, le gonflement et la rougeur s'étendent du pourtour de la vulve à l'anus, à la face inférieure de la queue et aux callosités ischiales.

L'ovulation, dont nous venons de voir les principaux caractères, se reproduit périodiquement pendant toute la durée de la vie, depuis l'époque de la puberté jusqu'au moment où s'éteint l'aptitude à la reproduction. Elle se renouvelle plus ou moins fréquemment dans les intervalles de la gestation, suivant les espèces et leurs conditions d'existence. Chez certaines femelles, la lapine par exemple, elle paraît s'opérer à des époques fort rapprochées, car cette dernière, suivant la remarque de Buffon, est toujours disposée à la fécondation. Du reste, la présence du mâle est, pour beaucoup d'espèces, une cause d'excitation qui accélère considérablement la ponte. Les expériences de M. Coste ont fait voir que chez la lapine qu'on laisse s'accoupler les œufs ont déjà quitté les ovaires dix à quinze heures après le rapprochement des sexes, tandis que chez la femelle séparée du mâle, les œufs se trouvent encore dans leurs capsules intactes quarante-cinq heures après l'invasion du rut. Ces expériences ont même montré que dans quelques cas la chute des œufs ne s'opérait pas sans le secours de l'accouplement.

Du reste, plusieurs causes extérieures, notamment celles qui tiennent au climat, aux saisons, à la nourriture et aux influences de la domesticité, peuvent modifier considérablement les phénomènes de l'ovulation. Nos gallinacés et nos palmipèdes pondent presque toute l'année, tandis que les gallinacés et les palmipèdes sauvages font seulement une ou deux nichées par an : si on ne leur prodigue pas de très grands soins, leur ponte se suspend pendant la mue et au moment des grands froids; au contraire, si on les soustrait à la rigueur des saisons, et si on leur distribue une abondante nourriture, ils continuent à donner des œufs. Le lapin sauvage, qui fait deux portées par an, peut en faire dans nos habitations cinq ou six. Enfin la vache, la truie, peuvent se reproduire presque indifféremment dans toutes les saisons, bien que les époques de la génération soit rigoureusement fixées pour les espèces analogues vivant à l'état sauvage.

Maintenant que nous connaissons l'élément que chaque sexe fournit pour la reproduction, c'est-à dire, le sperme et l'œuf, il faut rechercher comment ces deux éléments sont mis en rapport l'un avec l'autre.

III. De l'accouplement.

L'union des deux sexes, nécessaire à la fécondation chez un grand nombre d'animaux, s'effectue par la pénétration d'un organe mâle, érectile, dans les voies génitales de la femelle où doit être lancée la liqueur séminale. Cet acte, qui n'exige de la femelle qu'une participation à peu près passive, nécessite de la part du mâle d'abord l'érection du pénis, puis l'intromission de cet organe dans le vagin et enfin l'émission du sperme.

Le pénis, si variable chez les animaux sous le rapport de sa direction, de sa forme et de ses dimensions, pour pénétrer dans les voies génitales de la femelle et y darder le fluide séminal, doit éprouver une turgescence particulière qui augmente les dimensions de cet organe et lui donne une certaine rigidité. Cette turgescence,

connue sous le nom d'*érection*, dérive de l'afflux et de la stase du sang dans les aréoles du corps caverneux, et dans celles du tissu spongieux qui entoure le canal de l'urèthre. Mais il n'est pas facile de déterminer la cause de cette stase momentanée que Krause croit tenir à la compression exercée sur les veines du pénis par les muscles ischio-caverneux et bulbo-caverneux, et que Müller rapporte à l'intervention des artères hélicines. Très probablement, la pression exercée par les muscles sur le corps caverneux, au niveau de l'arcade ischiale et au-dessous de la symphyse pubienne, peut contribuer à la rétention du sang dans les tissus érectiles, car, d'une part, on sent très distinctement sur le chien, pendant l'érection, des secousses musculaires énergiques au niveau de l'arcade ischiale, et, d'autre part, on peut, chez le même animal, entretenir l'érection en comprimant très fortement avec le doigt le corps caverneux en arrière de l'ischium. Néanmoins, cette compression mécanique est insuffisante, surtout en ce qui concerne les solipèdes, chez lesquels, suivant la remarque de Gunther, les nombreuses veines péniennes peuvent se dégorger en plusieurs points, à l'aide des anastomoses multipliées qu'elles contractent avec les veines de la face interne de la cuisse.

A mesure que la turgescence du corps caverneux fait des progrès, le pénis éprouve un redressement de ses courbures et une élongation qui le font sortir du fourreau. Son diamètre augmente, sa forme se modifie quelquefois de même que sa direction, et enfin sa rigidité devient très considérable, notamment chez les espèces pourvues d'un os pénien, comme chez les chiens, les martes, les ours, et quelques autres mammifères. Il se présente alors sous une foule de formes diverses, suivant les espèces, et appropriées sans doute à la disposition des voies génitales de la femelle et à leur degré de sensibilité. On le voit cylindrique et renflé à son extrémité libre chez les solipèdes; grêle et effilé dans la plupart des ruminants; terminé par un long prolongement vermiforme chez le bélier; cylindrique et légèrement tordu à la pointe chez le porc; conique et couvert de rudes papilles chez les chats; pourvu, à la base de sa partie libre, de deux renflements énormes chez les chiens.

L'élongation du pénis et sa projection hors du fourreau ou de la gaîne prépu-tiale dérivent le plus souvent à la fois et du redressement des courbures de l'organe, et de sa turgescence, et enfin de l'action de certains muscles qui agissent, soit sur lui, soit sur son enveloppe. Chez les solipèdes et l'éléphant, l'élongation de la verge tient au redressement des légères sinuosités que l'organe relâché décrit sous la symphyse pubienne, et surtout à la turgescence du corps caverneux. Chez les ruminants, cette élongation a uniquement pour cause l'effacement de l'S que forme habituellement l'organe à la région scrotale, effacement produit d'une manière toute mécanique par l'accumulation du sang dans les aréoles du corps caverneux. La projection de la verge hors du fourreau y est facilitée par le relâchement des muscles blancs insérés au niveau des courbures, et par la rétraction qu'opèrent sur le fourreau lui-même les deux bandelettes musculaires émanées du voisinage du pubis

Une fois que l'érection est complète, et souvent même avant qu'elle soit portée à son plus haut degré, le pénis peut pénétrer dans les voies sexuelles de la femelle et y verser le sperme. Cette action s'effectue plus ou moins facilement, et dans une

attitude variable, suivant les animaux. En général, elle exige, chez les mammifères, que le mâle s'élève sur les membres postérieurs, et se maintienne sur la croupe de la femelle à l'aide de ses membres antérieurs. Le cheval flaire préalablement la jument au pourtour de la vulve, aux cuisses et au flanc ; il hennit, relève spasmodiquement la lèvre supérieure, dilate fortement les naseaux et la fausse narine, mord quelquefois la femelle ; sa respiration, extrêmement saccadée, met en une sorte de convulsion les muscles du thorax et de l'abdomen. Le dromadaire, d'après F. Cuvier, « saisit au cou la femelle avec les dents, et la force à se coucher sur ses quatre membres, malgré les cris qu'elle jette. » Le chat se cramponne sur la femelle en la mordant à la tête et en lui enfonçant ses griffes dans la peau ; aussi la chatte fait-elle alors entendre des cris de douleur plus ou moins répétés. Les porcs, dont l'accouplement est très prolongé, écument souvent pendant cet acte, suivant la remarque de Pline, et, si l'on en croit Aristote, se couchent quelquefois pour l'accomplir lorsqu'ils arrivent à un âge avancé. L'ours prend aussi, dit-on, la même attitude. Aristote prétend que les hérissons se tiennent debout, ventre à ventre, et il assure que les animaux dont l'urine est rejetée en arrière se rapprochent en reculant et s'accouplent en arrière, le tigre et le lion, par exemple. Mais un tel mode n'est pas possible chez ces quadrupèdes, bien qu'ils aient le pénis très court et très rapproché de l'anus. Le chien peut, il est vrai, opposer directement sa croupe à celle de la femelle, quand, une fois l'intromission opérée, comme chez les autres mammifères, l'un des deux individus se porte brusquement de côté. Alors la verge, qui est peu gonflée en arrière des deux bulbes érectiles et à l'origine de l'os pénien, se replie sur elle-même en ce point, et permet aux animaux de prolonger encore la durée de leur union. La même chose arriverait, d'après Pline, au loup et aux phoques (1). Aussitôt que l'accouplement est commencé, la sensation éprouvée par le mâle, à la suite du contact du pénis avec les parois du vagin, détermine des contractions spasmodiques dans toutes les parties génitales. Le crémaster tend le cordon testiculaire et rapproche quelquefois, comme chez le cheval, le testicule de l'anneau inguinal. Les canaux déférents se resserrent, et font monter le sperme vers les vésicules séminales. Celles-ci se contractent convulsivement, et expriment une partie de leur contenu dans le canal de l'urèthre. Les expansions musculaires rougeâtres qui enveloppent la prostate compriment ces glandes, et en font sortir un fluide clair, légèrement visqueux, qui d'abord lubrifie la muqueuse uréthrale, et qui ensuite se mêle au sperme dont il a préparé les voies. Dès que ce liquide est parvenu dans l'urèthre rétréci par le gonflement du tissu spongieux qui entoure ce canal et par la tension du corps caverneux, il est chassé avec force par les contractions d'un muscle rouge à fibres transversales tapissant toute la partie postérieure du canal. La partie supérieure de ce muscle agit spécialement sur la région pelvienne qu'elle entoure et sur les petites prostates qu'elle tapisse. La seconde exerce son action sur la partie pénienne de l'urèthre. Dans les animaux domestiques, la première a été appelée le muscle ischio-uréthral, et la seconde périnéo-uréthral ou accélérateur.

L'émission du sperme et des fluides prostatiques se fait très rapidement chez les

(1) *Histoire naturelle*, liv. X, p. 396. (Traduction Guéroult.)

solipèdes, chez le taureau, le bélier, le bouc, le lapin, les oiseaux, et chez beaucoup d'autres espèces où ces liquides ont peu de consistance et de viscosité. Elle est, au contraire, assez lente chez le chien, chez le porc, et plus encore chez le dromadaire. Aussi l'accouplement se prolonge-t-il cinq à six minutes chez le porc, et des journées entières chez le dromadaire, comme les anciens le savaient déjà (1). Dans ce dernier cas, l'éjaculation se fait paisiblement, sans secousses de la part de l'animal, et sans spasme des organes génitaux. Aussi les dromadaires accouplés dans des lieux retirés conservent le décubitus sternal et ruminent de même que dans les conditions ordinaires : alors l'éjaculation s'achève le plus souvent sans qu'aucun signe particulier en marque le terme. Mais il n'en est pas toujours ainsi. Le cheval éprouve des secousses répétées, fait trémousser sa queue ; puis, l'acte accompli, les oreilles tombent, il baisse la tête et semble éprouver un affaissement subit très prononcé.

Le fluide séminal, associé aux humeurs prostatiques, est dardé avec force dans les voies génitales de la femelle. Une partie de ce fluide est nécessairement versée dans le vagin, tandis que le reste paraît pouvoir être lancé directement dans la cavité du col de la matrice. Plusieurs considérations indiquent la possibilité de cette projection du sperme dans la cavité utérine. D'abord, il existe une relation manifeste entre la longueur du conduit vaginal et l'étendue de la partie libre du pénis, de telle sorte que chez les femelles dont le vagin est très long, la verge peut encore atteindre facilement le col utérin. Ensuite, il y a dans chaque espèce un rapport entre la configuration de la tête du pénis et celle du col de la matrice. Ainsi la verge du cheval, qui se termine par un renflement en pomme d'arrosoir, peut s'appliquer exactement sur le fond du vagin, et le petit prolongement uréthral saillant est bien disposé pour pénétrer dans l'ouverture de la fleur épanouie et s'y enfoncer d'autant plus que le mâle imprime à sa croupe des secousses plus énergiques. Celle du bœuf, grêle, à peu près cylindrique, mais rigide et terminée en pointe, est bien disposée pour s'engager dans le col utérin épais de la vache. La verge du bélier, plus grêle encore, et terminée par un appendice vermiforme, avait besoin d'une telle configuration pour s'insinuer dans le col de la matrice très long et extrêmement resserré de la brebis. Du reste, le col de l'utérus n'est pas, pendant la vie, fermé et resserré comme sur le cadavre, où la roideur cadavérique oppose une grande résistance à la dilatation. Il est facile, en explorant cette partie sur les femelles vivantes, de s'assurer que, sans effort, on peut y faire pénétrer le doigt, et très probablement, à l'époque du rut, il doit être encore plus dilatable.

Évidemment, l'utérus peut, puisqu'il a une tunique musculaire, surtout très épaisse au col, se mouvoir sensiblement, et participer au spasme de toutes les parties de l'appareil génital pendant l'accouplement. Il ne serait pas impossible, comme le pensait Bartholin, que cet organe se mût en divers sens, s'ouvrît et se fermât pendant l'accomplissement de cet acte. Ces mouvements propres, dont les anciens avaient soupçonné l'existence, avaient fait dire à Platon et à Arétée, que l'utérus était un animal dans un autre animal.

(1) Aristote, *Histoire des animaux*, traduction Camus, livre V, p. 241 ; Pline, livre X, p. 396, édition Guéroult.

La projection du sperme dans le fond du vagin et le col de l'utérus est fort rarement gênée chez les mammifères par la présence d'un repli analogue à celui qui, chez la femme, porte le nom d'hymen. Néanmoins, un ou plusieurs replis de ce genre existent quelquefois, et même d'une manière constante, dans certains animaux. Duvernoy (1) en a signalé la présence sur un assez grand nombre de femelles. Il a vu qu'en général il y a, au niveau du méat urinaire, entre la vulve et le vagin proprement dit, soit un étranglement circulaire, soit des replis plus ou moins marqués. Dans l'ours, suivant lui, il y a au fond du conduit vaginal un large repli percé, au delà duquel se trouve cachée la fleur épanouie. Dans l'hyène, le daman, il a vu des replis analogues, que Steller a observés aussi dans une espèce de lamantin et Lobstein dans le phoque à ventre blanc. Chez la vache et la jument, les parois du vagin, lors de son relâchement et de sa vacuité, se rapprochent et même se touchent en arrière du méat urinaire. Mais, dès que le canal vient à être dilaté, le resserrement disparaît, sans qu'il reste à sa place autre chose qu'une trace de repli. Cependant, il n'est pas rare de trouver à ce point des replis ineffaçables de forme plus ou moins bizarre. Dans un premier cas, c'était une duplicature muqueuse transversale découpée inégalement et comme frangée à son bord libre. Dans un second cas, il existait une cloison verticale percée de deux ouvertures, une de chaque côté ; enfin, dans un dernier, il y avait un repli circulaire portant trois dentelures réunies par trois petites brides entre lesquelles se trouvaient naturellement trois ouvertures. Chez la femelle du cochon d'Inde, l'orifice du vagin est fermée si solidement, d'après Legallois, que le mâle mettrait quelquefois quinze jours d'efforts pour en opérer le décollement. Et comme, après chaque accouchement, l'adhésion se rétablit, le mâle jouit, dit cet observateur, de l'heureux privilége de trouver toujours à la femelle les apparences de la virginité. Il en est de même chez la souris.

La quantité de sperme qui est éjaculée pendant un seul accouplement doit être considérable, surtout chez les animaux, tels que le porc, le chien et le dromadaire, où cet acte se prolonge beaucoup ; mais elle n'a pu encore être appréciée. Le liquide, qu'on peut recueillir dans un vase, lorsque le taureau ou l'étalon se cabre sur la femelle, s'élève souvent de 50 à 60 grammes. Celui que le chien en érection perd est aussi parfois assez abondant ; car un chien de berger de moyenne taille en donna dans ces conditions 50 grammes en vingt minutes. Seulement ce fluide renferme très peu de sperme ; il est clair, à peine visqueux, c'est du suc prostatique presque pur.

Lorsque l'émission spermatique est arrivée à son terme, les animaux se désunissent, à moins de quelque obstacle mécanique, tel que celui du gonflement énorme qui, chez le chien, retient les deux bulbes érectiles du pénis en avant des lèvres de la vulve. Le sperme coule encore goutte à goutte au moment de la séparation, notamment chez le taureau et chez le cheval, dont la tête du pénis est beaucoup plus large qu'avant l'intromission. Enfin, l'érection cesse plus ou moins vite, et la verge rentre dans son enveloppe, soit par le fait seul de la cessation de la turgescence des tissus érectiles, soit en même temps par suite de cette cessation et par l'intervention

(1) Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, 2e édit., t. VIII, p. 260.

de certains muscles. Chez le taureau, il y a, outre les deux faisceaux musculaires grisâtres, propres à la plupart des quadrupèdes, deux muscles dérivés de la région pubienne, qui font rentrer la verge dans le fourreau et l'y retiennent avec une grande force. Pour apprécier leur action, j'ai pratiqué à la peau de l'abdomen une incision en arrière de l'ouverture préputiale. Par cette ouverture assez grande pour laisser passer la main, le pénis ayant été attiré au dehors, non sans le secours d'une traction énergique, a été ensuite ramené rapidement dans sa situation normale, dès qu'on l'a abandonné à lui-même. La verge étant retirée une seconde fois, les deux muscles furent coupés en travers; elle rentra lentement dans le fourreau, car il restait les deux faisceaux blancs qui émanent du rectum et de la face inférieure du coccyx. Enfin, elle fut tirée une troisième fois hors de la gaîne, pendant que je coupais les faisceaux blancs; mais après cette dernière section, elle demeura pendante et immobile : les piqûres, les pressions exercées sur elle, ne la firent point rentrer. Il est évident, d'après cela, que la verge est ramenée dans le fourreau, maintenue dans cette situation et rendue sinueuse à la région scrotale par les deux muscles rétracteurs qui agissent avec rapidité, et par les deux faisceaux grisâtres, dont la contraction s'opère avec lenteur, comme celle des autres muscles de la vie organique.

Après l'accouplement, la femelle qui est restée à peu près passive, celle qui a cherché à se soustraire aux étreintes du mâle, ou celle qui a souffert en gémissant les caresses de ce dernier, éprouvent souvent des spasmes, et rejettent une grande partie, sinon la totalité, du fluide qu'elles ont reçu. Une rejection de cette nature s'observe particulièrement sur l'ânesse, dont la lascivité avait été reconnue par les anciens ; aussi, du temps d'Aristote, on faisait courir, en les frappant, les ânesses aussitôt après l'accouplement. Cet usage s'est conservé, en se modifiant, car on a généralement l'habitude de soumettre à une course les femelles qui viennent d'être couvertes, et de leur jeter de l'eau froide sur les reins et la croupe. Par là, on apaise l'orgasme vénérien, et l'on prévient les efforts que l'animal peut faire pour l'expulsion des urines, efforts qui entraînent en même temps la liqueur spermatique mêlée aux mucosités vaginales, sécrétées abondamment sous l'influence du rut et à la suite de l'excitation causée par le contact des organes du mâle.

Après l'accouplement, les femelles d'oiseaux, comme Aristote l'avait remarqué, frissonnent et secouent leurs plumes ; le croupion, qui s'élève et s'abaisse, met en mouvement les plumes de la queue ; le sphincter du cloaque éprouve des contractions répétées, qui souvent poussent au dehors la muqueuse de cette cavité.

L'accouplement, ne faisant pas cesser immédiatement le rut des femelles, peut être répété plusieurs fois à des intervalles fort rapprochés. Les animaux des deux sexes, et surtout les mâles, se prêtent à cette répétition souvent avec ardeur, et quelquefois même avec un emportement très remarquable. Parmi les espèces sauvages, les mâles, qui n'entrent en rut qu'à une seule époque de l'année, éprouvent des désirs génésiques plus impétueux que ceux dont l'aptitude à la reproduction est à peu près permanente. F. Cuvier (1) dit que le cerf, dont le rut a lieu en automne, poursuit ses femelles, et les tue quand elles lui résistent : au contraire, l'axis, con-

(1) *Histoire naturelle des mammifères*, par F. Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire

stamment disposé à se reproduire, ne maltraite nullement sa femelle. L'âne, qui est, suivant Aristote, après l'homme, le plus lascif des grands animaux, peut, quand il est libre, couvrir dix à quinze fois la même femelle en un jour, ou dix à quinze femelles différentes. Les chevaux, surtout quand ils sont fougueux, peuvent faire plus de vingt saillies dans une matinée. Le bœuf, si remarquable par sa grande vertu prolifique, réitère jusqu'à trente fois par jour l'accouplement avec des femelles différentes. Mais dans de telles conditions, les mâles ne tardent pas à s'épuiser : aussi a-t-on soin, dans l'intérêt de l'amélioration des races, de restreindre, pour chaque mâle, le nombre des saillies qu'il doit effectuer et des femelles qu'on lui donne à féconder.

En général, parmi les animaux, on n'observe ni sympathies ni antipathies particulières entre les mâles et les femelles de la même espèce. Les premiers, comme le taureau, nous en montrent un exemple, et couvrent indistinctement toutes leurs femelles, à mesure qu'elles entrent en chaleur. Et, à leur tour, celles-ci reçoivent, sans préférence marquée, les caresses de tous les mâles qui les approchent. Dans certaines espèces, appelées monogames, un mâle et une femelle contractent l'un pour l'autre un attachement réciproque, ne se séparent point, et vivent dans l'intimité de la famille, même alors que les besoins de la reproduction sont satisfaits. On voit quelquefois, comme le fait observer M. Huzard (1), de jeunes chevaux qui s'attachent à des cavales, délaissent les autres, et refusent même de les couvrir. Le bélier montre assez souvent, si l'on en croit les anciens, une préférence marquée pour les vieilles brebis.

D'ailleurs, les animaux n'établissent entre eux aucune distinction fondée sur la parenté ; ils ne reconnaissent point leur sang, même quand ils ont toujours vécu en famille dès leur jeunesse ; du moins, s'ils possèdent cette connaissance, elle n'est point pour eux un motif d'exclusion. Le frère s'allie à la sœur, le père avec la fille, le fils avec la mère, dès que les instincts génésiques s'éveillent. Tout ce qu'on a écrit sur l'éloignement prétendu que la parenté ferait naître parmi les animaux, est dénué de preuves. S'il est vrai qu'un chameau, dont le voile se détacha pendant qu'on le forçait à s'accoupler avec sa mère, ait mis en pièces son conducteur, la violence commise par cet animal n'avait certainement pas pour cause le sentiment de l'inceste. Il est peu probable qu'un jeune cheval ait refusé de s'accoupler avec la jument dont il tenait le jour, tant qu'un voile ne lui eut pas empêché de la distinguer. Il est moins vraisemblable encore qu'après l'accouplement, ce cheval soit allé se jeter dans un précipice, parce qu'il aurait reconnu son erreur (2). Tous les jours, de pareils accouplements consanguins s'effectuent dans toutes nos espèces domestiques, et plus tard nous verrons les heureux résultats de ces alliances sous le rapport de la conservation et du perfectionnement des races les plus précieuses.

Les animaux d'espèces différentes, réduits à la domesticité, et pressés par le besoin, s'unissent quelquefois entre eux, et si les espèces sont du même genre et très voisines, ces unions illicites peuvent parfois devenir fécondes, comme nous le verrons plus tard. De telles alliances paraissent très rares parmi les espèces sauvages,

(1) *Des haras domestiques en France.*
(2) Aristote, *Histoire des animaux*, trad. française, livre IX, p. 635.

qui peuvent, sans contrainte, satisfaire leurs désirs les plus impérieux. C'est sans aucune preuve que Pline nous dépeint l'accouplement qui se fait de gré ou de force entre les mâles et les femelles de toutes espèces rassemblés par la soif sur le bord des rivières ou des fleuves. C'est aussi sans fondement certain qu'il prétend que les chiennes attachées par les Indiens dans les forêts sont couvertes par les tigres ; car, selon toute probabilité, le tigre dévorerait plutôt la chienne que de lui prodiguer des caresses. Mais nos animaux domestiques s'allient souvent entre eux, d'espèce à espèce, ou avec des animaux sauvages apprivoisés. L'âne couvre la jument, lorsqu'il n'a pas d'ânesse à son service ; de même, le cheval, séparé de sa propre femelle, s'accouple avec l'ânesse en chaleur. On a vu des accouplements féconds entre le loup et la chienne, le chacal et le chien, etc. Parmi les oiseaux, de telles mésalliances sont fort communes. On les a observées entre le coq et la faisane, le canard commun et le canard musqué, le chardonneret et le serin des Canaries, le morillon et la sarcelle, le cygne et l'oie.

Enfin, il arrive quelquefois que les animaux, pressés par des besoins qu'ils ne peuvent librement satisfaire, se livrent avec fureur à la masturbation, ainsi qu'on le voit assez fréquemment chez les singes, les chiens, le bouc et même, dit-on, chez le cheval. Certains animaux vont aussi jusqu'à simuler un accouplement contre nature avec des individus de même sexe. Aristote (1) dit cela des perdrix, des cailles mâles et des coqs relativement aux mâles que les premiers ont vaincus. Buffon a vu des tourterelles de même sexe, soit mâles, soit femelles, enfermées dans des cages, se joindre ensemble, comme si elles avaient été de sexes différents. Dugès a fait des observations analogues sur des canards et des coqs, et Desmoulins prétend que, parmi les mammifères, les cobayes font subir ce traitement humiliant aux cobayes vaincus dans leurs combats amoureux.

CHAPITRE LIII.

DE LA FÉCONDATION.

On appelle ainsi l'union intime des deux éléments reproducteurs, le sperme et l'œuf, à la suite de laquelle celui-ci acquiert l'aptitude à développer un individu nouveau. C'est une sorte d'impulsion communiquant à l'œuf la faculté d'éprouver les changements successifs dont le terme est la formation d'un animal semblable à ceux qui en ont donné le germe.

Étudions le siége, le mode et les lois de cette mystérieuse opération.

I. Du siége et du mode de la fécondation.

Le contact entre le sperme et l'œuf pouvant s'opérer dans plusieurs parties de l'appareil génital, et même en dehors de l'organisme, la fécondation n'a pas de

(1) *Histoire des animaux*, livre IX, p. 559_a.

siége invariable chez les animaux. Elle a lieu à l'extérieur pour les batraciens, au moment même de l'émission du sperme et de la ponte des œufs ; elle se fait au sein des eaux pour les poissons, un certain temps après l'expulsion de ces deux produits; enfin elle peut s'effectuer chez les mammifères soit dans l'utérus, soit dans les trompes, soit même à l'ovaire, suivant le point où le fluide séminal vient à rencontrer l'ovule. Il suffit à l'accomplissement de cet important phénomène que les deux éléments générateurs mâle et femelle puissent se mettre en rapport ou s'unir l'un avec l'autre. C'est ce qui va ressortir de l'exposition des recherches tentées à ce sujet par les physiologistes modernes.

D'abord est-ce le fluide spermatique qui va trouver l'œuf pour le féconder? est-ce au contraire l'œuf qui descend dans les parties de l'appareil génital que le sperme occupe? ou enfin ces deux éléments marchent-ils à la rencontre l'un de l'autre?

Déjà nous savons que, lors de l'accouplement, le sperme est en partie lancé directement dans la cavité de l'utérus. Leeuwenhoek a trouvé, sur une femelle qui venait de recevoir le mâle, des spermatozoïdes vivants dans le corps et les cornes de l'utérus. Prévost et Dumas, Wagner, et depuis beaucoup d'autres observateurs, ont constaté le même fait, notamment sur les chiennes, les lapines, et sur la jument. Quelques heures à la suite du rapprochement des sexes les spermatozoïdes se portent plus loin ; ils parviennent à l'extrémité des cornes utérines, à la partie inférieure des trompes de Fallope ; ils se répandent même dans toute l'étendue de ces derniers canaux, à la surface du pavillon et jusque sur l'ovaire. Bischoff (1), à qui la science est redevable de nombreux travaux sur l'ovologie, a trouvé des spermatozoïdes vivants et doués de mouvements très vifs, non-seulement dans le vagin, la matrice entière et les trompes d'une chienne tuée vingt heures après l'accouplement, mais encore il en a vu entre les franges du pavillon, dans la poche péritonéale qui entoure complétement l'ovaire de ce carnassier, et enfin sur l'ovaire. Depuis, le même observateur a rencontré deux fois un spermatozoïde mort à la surface de l'ovaire sur une chienne tuée vingt-quatre heures, et sur une autre trente-six heures après l'accouplement. R. Wagner a vu quarante-huit heures après le rapprochement des sexes des spermatozoïdes vivants, et en grand nombre, dans toutes les parties de l'utérus, des trompes, et dans les franges du pavillon. Enfin Barry a fait la même observation sur des lapines.

Cependant l'arrivée des zoospermes jusqu'à l'extrémité libre des trompes et à l'ovaire n'est pas généralement admise. M. Pouchet (2) la nie formellement, en se fondant sur de nombreuses observations faites avec beaucoup de soin. D'après lui, chez la femelle du lapin, à partir de six heures à la suite de l'accouplement, on trouve du sperme et des spermatozoïdes dans le vagin, l'utérus et la partie inférieure des trompes, mais il n'en existe jamais ni au-dessus de la région moyenne de ces dernières, ni dans les franges du pavillon, ni à la surface des ovaires. Les spermatozoïdes, très nombreux et très agiles dans le vagin et l'utérus, sont en très

(1) *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, traduction française. Paris, 1843, p. 22.

(2) *Théorie positive de l'ovulation spontanée et de la fécondation dans l'espèce humaine et les mammifères*, Paris, 1847, p. 375 et suiv.

petit nombre et ont perdu de leur vivacité vers l'extrémité supérieure des cornes utérines et dans la portion de la trompe où ils peuvent parvenir. La partie supérieure des trompes de Fallope serait remplie d'un mucus épais infranchissable, à globules très serrés, qui s'opposerait à la pénétration du sperme dans cette région, pénétration qui, du reste, serait possible dans certains cas rares et tout à fait exceptionnels.

Les dissidences sur ce point n'ont donc pas, en définitive, une très grande portée, car il importe peu que les spermatozoïdes arrivés dans l'utérus et la région inférieure des trompes ne puissent pas dépasser la région moyenne de ces canaux, ou, au contraire, puissent parvenir jusqu'à leur extrémité libre, de laquelle ils se répandraient dans les franges du pavillon, alors appliqué à la surface de l'ovaire. Du reste, il semble assez difficile de concevoir que le mucus des trompes oppose une barrière infranchissable à la marche des spermatozoïdes, lorsque ce même mucus laisse librement passer les ovules, dont le volume est infiniment supérieur à celui des filaments spermatiques.

Le transport du sperme et sa diffusion dans toutes les parties de l'utérus et dans les trompes de Fallope ont été attribués aux mouvements propres de l'utérus et des trompes, aux mouvements vibratiles de leur épithélium, et enfin aux propres déplacements spontanés des spermatozoïdes. L'utérus, qui se contracte spontanément, à la manière de l'intestin, comme l'a reconnu Haller sur les femelles pleines, se meut aussi lors de sa vacuité. Vallisnieri a étudié ces mouvements dans cette dernière circonstance. Je les ai observés moi-même avec soin sur des brebis tuées dans la saison des chaleurs et à différentes époques de l'année. Ils deviennent bien sensibles dans le corps, dans les cornes, les trompes et les ligaments larges six à huit minutes après que ces parties ont été mises au contact de l'air. Le corps se resserre et se dilate alternativement soit dans son ensemble, soit dans une partie de sa longueur; les cornes se raccourcissent lentement, se contournent en spirale, se rapprochent l'une de l'autre; elles entraînent dans leurs déplacements les ligaments larges, les trompes et les ovaires. Après être demeurées ainsi un certain temps elles s'amincissent, s'allongent, se redressent et reprennent leur situation normale. Les ligaments larges, dans l'épaisseur desquels il entre de beaux faisceaux musculaires, se meuvent énergiquement et entraînent dans leur déplacement les ovaires, les trompes et l'utérus même, qu'ils rapprochent et éloignent tour à tour de la colonne vertébrale. Ces mouvements, qui restent appréciables quarante à cinquante minutes après la mort sur les femelles décapitées, sont peut-être très vifs pendant l'accouplement et quelques moments après; ils opéreraient sur le sperme, suivant quelques auteurs, une sorte d'aspiration ou de succion qui l'attirerait du vagin dans l'utérus, et du corps de cet organe vers l'extrémité ovarienne de ses cornes. D'après Bischoff, ces contractions s'effectuant du vagin vers l'ovaire, seraient très propres à diriger le sperme dans ce sens.

Le mouvement vibratile de l'épithélium de la muqueuse de l'utérus et des trompes ne saurait guère être considéré comme une cause du transport du fluide séminal vers les trompes, car ce mouvement, dont il n'y a pas de trace sur les femelles pleines et immédiatement après le part, se fait, d'après Purkinje et Valentin, de l'intérieur vers l'extérieur, c'est-à-dire du pavillon de la trompe

vers le col utérin. Il paraît seulement destiné à favoriser la descente de l'ovule.

Quant aux mouvements propres des spermatozoïdes, ils semblent au premier abord suffisants pour opérer le transport de ces filaments dans toutes les parties où ils peuvent rencontrer l'ovule; mais ils n'ont pas lieu dans un sens déterminé; ils se font dans toutes les directions, et d'ailleurs, d'après les calculs de Henle, ils ne feraient parcourir aux zoospermes qu'un pouce en sept minutes et demie, espace peu considérable, notamment pour les animaux dont les cornes utérines sont très longues, comme chez la truie, où elles ont un mètre et plus d'étendue.

Quelles que puissent être les causes de la progression des spermatozoïdes, et la part de chacune d'elles à cette progression, il est certain que ceux-ci se répandent après l'accouplement dans toutes les parties de l'utérus, dans une partie sinon dans la totalité de la longueur des trompes de Fallope; ils vont donc à la rencontre des ovules dans toutes les régions où ces derniers peuvent descendre après leur chute de l'ovaire.

Ces ovules détachés de la glande ovigène par le travail spontané et périodique que nous avons précédemment étudié sont reçus par le pavillon frangé dont l'épithélium a des cils vibratiles, s'engagent dans l'ouverture supérieure de la trompe, et cheminent dans ce canal, poussés par les contractions, probablement péristaltiques, de sa tunique musculaire, lesquelles ont pour auxiliaires du transport des ovules les mouvements vibratiles de l'épithélium dirigés de l'intérieur vers l'extérieur. C'est en parcourant ce canal étroit et sinueux, dont la longueur est souvent considérable, que l'ovule dans les femelles unipares, et les ovules dans les multipares, rencontrent le sperme et s'en imprègnent. C'est alors, par conséquent, que s'effectue souvent la fécondation, laquelle peut également avoir lieu à l'orifice supérieur de la trompe si le sperme y parvient avant que l'ovule y ait pénétré, ou dans l'utérus si cet ovule y est descendu avant que le fluide séminal ait eu le temps d'arriver aux trompes de Fallope.

Un grand nombre d'observateurs ont trouvé, en effet, à une époque plus ou moins éloignée de l'accouplement, des ovules entourés de spermatozoïdes dans les trompes ou dans l'utérus. Mais cette époque varie nécessairement suivant que l'accouplement précède ou suit de quelques jours l'ouverture des vésicules de de Graaf, ou suivant qu'il coïncide exactement avec la déchirure de ces vésicules. Bischoff a vu, sur une chienne tuée aussitôt après l'accouplement, du sperme dans les cornes de la matrice, et cinq œufs déjà descendus de deux pouces dans la trompe. Sur une autre, après vingt heures, les vésicules de de Graaf n'étaient point encore ouvertes. Sur une troisième, au bout de vingt-quatre heures, les vésicules venaient de s'ouvrir, et des ovules se trouvaient les uns encore à la surface de l'ovaire, les autres dans les franges du pavillon ou à l'entrée des trompes. Après trente-six heures, dans un quatrième cas, les ovules se trouvaient vers le milieu des trompes de Fallope. Sur d'autres, du cinquième au huitième jour, les ovules n'étaient encore qu'à la partie inférieure des trompes ou à l'extrémité des cornes utérines. Comme en plusieurs circonstances on a encore trouvé les vésicules de de Graaf fermées deux, trois, quatre, cinq jours et plus après l'union des sexes, il est impossible de fixer d'une manière certaine le temps qu'emploient les ovules pour passer de l'ovaire dans les trompes, parcourir le trajet de celles-ci et arriver à

l'utérus. Il ne saurait en être autrement, puisque la chute de l'œuf, sa progression dans les trompes sont des phénomènes indépendants de l'accouplement et de la présence du sperme.

Le contact matériel du sperme et de l'œuf étant la condition essentielle de la fécondation, celle-ci peut avoir lieu dès que ces deux éléments viennent à se rencontrer dans un point quelconque de la longueur des trompes ou dans l'utérus lui-même. Aussi s'accorde-t-on généralement aujourd'hui à considérer les trompes de Fallope ou la partie supérieure des cornes utérines comme le siége ordinaire de l'imprégnation.

La fécondation à la surface de l'ovaire, admise autrefois par la plupart des physiologistes, se conçoit fort bien lorsque le fluide séminal est amené jusqu'à cet organe, et elle est d'ailleurs démontrée pour quelques cas très rares par les gestations ovariennes. Néanmoins, tout concourt à la faire regarder là comme une véritable exception. Déjà, chez les invertébrés, il est évident que les œufs ne sont fécondés qu'après avoir quitté la glande où ils se forment. Ils le sont presque immédiatement après avoir abandonné cet organe chez les serpents, les lézards, les oiseaux; très longtemps après chez les crustacés pourvus d'une bourse où le sperme se dépose lors de l'accouplement; enfin, ils le sont plus longtemps encore chez les poissons et les batraciens; car, chez les premiers, ils tombent, d'après Duméril, dans la cavité péritonéale avant d'être pondus, et chez les seconds, ils séjournent dans l'oviducte afin de s'y imprégner d'une couche albumineuse. Du reste, la fécondation à l'ovaire n'est possible qu'au moment où l'ovule sort de la vésicule de de Graaf, c'est à-dire à l'instant où il tombe dans les franges du pavillon, dont les cils vibratiles ne tardent pas à l'entraîner à l'orifice de la trompe. Il est manifestement impossible, comme le fait observer M. Pouchet, que le sperme en nature, c'est-à-dire avec les spermatozoïdes, traverse la tunique péritonéale, la membrane fibreuse de l'ovaire et les différentes enveloppes de la vésicule de de Graaf; et à supposer que la partie fluide du sperme traversât ces membranes, les spermatozoïdes ne passeraient point, car les expériences démontrent que les filtres de papier, à pores infiniment plus grands que ceux des membranes, ne sont point traversés par ces corpuscules.

Pour que la fécondation ait lieu, il faut, comme l'a établi Pouchet, que l'accouplement coïncide avec l'émission des ovules, du moins, il faut que l'un de ces actes précède ou suive l'autre de très près. La coïncidence exacte n'est pas indispensable, puisque, d'une part, le sperme peut, dans les organes génitaux, conserver ses caractères et sa propriété fécondante pendant plusieurs jours, et que, d'autre part, l'ovule, après avoir quitté l'ovaire, conserve aussi plusieurs jours l'aptitude à être fécondé. En effet, les spermatozoïdes demeurent vivants très longtemps dans le vagin, l'utérus et les trompes après l'accouplement. Tous les observateurs les ont vus en grand nombre se mouvoir avec agilité trente-six et quarante-huit heures après le rapprochement des sexes. Bischoff les a trouvés encore vivants dans les trompes des lapines huit jours après ce rapprochement. Avant lui, MM. Prévost et Dumas avaient fait la même remarque au bout de sept jours sur les chiennes; ce que le célèbre Leeuwenhoek avait déjà reconnu au commencement du siècle dernier.

Les ovules se trouvent dans le même cas que le sperme. Ce n'est qu'avec lenteur,

et tous les observateurs sont d'accord sur ce point, qu'ils parcourent le trajet de l'ovaire à l'utérus. Cette lenteur est telle, d'après Pouchet, qu'il ne leur faudrait pas moins de deux à six jours pour passer de l'ovaire dans les cornes utérines, en suivant les nombreuses sinuosités des trompes de Fallope.

Or, on conçoit que la coïncidence exacte entre la chute de l'œuf et l'accouplement n'est nullement indispensable à la fécondation. Il suffit, pour que celle-ci s'accomplisse, que l'accouplement précède ou suive de très près l'émission de l'œuf, c'est-à-dire à un intervalle de douze, vingt-quatre heures, et même de quelques jours. Néanmoins, la fécondation est plus sûre quand il y a coïncidence exacte entre ces deux opérations.

La nature, dont les vues sont toujours si admirables, a su solliciter les sexes à se rapprocher, par une attraction irrésistible, lors de l'émission spontanée des ovules. Elle n'a pas voulu que la conservation des espèces dépendît d'unions qui auraient coïncidé fortuitement avec l'ovulation. Dans ce but, elle a fait naître le rut à l'époque de cette ovulation, et elle lui a assigné une durée variable, mais toujours proportionnée à celle des phénomènes qui s'accomplissent au sein de l'ovaire. Elle a réservé pour ce moment, dont la durée varie entre douze à vingt-quatre heures, comme chez la brebis, et huit à dix jours, comme chez la chienne, toute l'ardeur du mâle; aussi, dès que le rut commence à se manifester, le mâle, qui vivait indifférent auprès de la femelle ou qui s'en tenait éloigné, s'en rapproche, s'unit à elle avec une sorte de fureur, à des intervalles très rapprochés; il la couvre parfois, s'il est libre de satisfaire ses désirs, quinze, vingt fois dans une journée et jusqu'à épuisement. Dès que le rut cesse, il s'en sépare et la voit avec la même indifférence qu'auparavant.

Il est peut-être un moment pendant la durée du rut auquel la fécondation doit s'opérer plus sûrement qu'à tous les autres, c'est celui même de l'émission des ovules; mais on ne sait pas très positivement si cette émission a lieu au commencement, au milieu ou à la fin de la période du rut. M. Pouchet, se fondant sur diverses considérations, pense que cette émission a lieu à la fin, car elle résulte d'un travail d'excitation dont le rut a été le reflet et le signe extérieur. Aussi croit-il que l'accouplement est alors plus souvent suivi de fécondation qu'à tous les autres moments. Il croit aussi que chez la femme, la chute des ovules se fait à la fin de la période menstruelle, c'est-à-dire lorsque le flux cataménial s'arrête. Et, comme ces ovules ne sont amenés à l'extérieur que dix à douze jours après avoir quitté l'ovaire, il prétend que, passé le dixième ou le douzième jour après la cessation des règles, la fécondation est matériellement impossible. De même les femelles dont les chaleurs ont cessé, et surtout depuis quelques jours, ne peuvent plus être fécondées; aussi le mâle, dans la plupart des espèces, notamment dans celles qui vivent à l'état sauvage, refuse-t-il alors de les couvrir. En cela, l'instinct le guide et lui épargne une peine inutile.

Maintenant que nous savons en quel lieu et dans quelles conditions s'effectue la fécondation, il faut chercher à découvrir, s'il est possible, le mode d'après lequel cet acte mystérieux s'accomplit.

D'abord, la fécondation ne peut s'opérer s'il n'y a pas contact entre l'œuf et le sperme. Lorsqu'on empêche ces deux éléments de se mettre en rapport l'un avec

l'autre, cette opération n'a pas lieu. En liant, soit les deux trompes, soit les deux cornes utérines, comme l'a fait Haighton, on voit que le sperme monte et que les ovules descendent jusqu'à la ligature, mais cela sans résultat. En liant l'une des cornes, ou en interrompant sa continuité d'une manière quelconque sur une femelle multipare, on rend impossible la fécondation des œufs qui se détachent de l'ovaire correspondant, tandis qu'elle continue à se faire dans la corne demeurée intacte et libre.

La nécessité, pour l'accomplissement de la fécondation, du contact du sperme avec l'œuf est encore démontrée par d'autres faits, que l'observateur peut, à volonté, reproduire sous ses yeux. Lorsque le poisson femelle a répandu ses œufs dans les eaux, ils sont fécondés par le sperme que le mâle verse autour de lui; lorsque la femelle du batracien pond les siens, le mâle, cramponné sur elle, les arrose de sa liqueur séminale, à mesure qu'ils sortent. Dans les deux cas, le mâle et la femelle ne concourent en rien à la fécondation; celle-ci se produit sans eux, et indépendamment de toute intervention de leur part. L'expérimentateur peut arriver au même résultat, en répandant du sperme sur des œufs pris à la femelle. Ainsi, Spallanzani, Prévost et Dumas, ont opéré des fécondations artificielles. Ainsi, tous les jours, dans des vases ou dans de petits bassins, on féconde des œufs de poissons, soit avec le sperme des mâles de la même espèce, soit même parfois avec celui des mâles d'espèces voisines. Cette fécondation se fait dans ces vases comme dans l'utérus et dans les trompes : l'habile physiologiste italien l'a même opérée sur des chiennes, dans le vagin desquelles il injectait du sperme à l'aide d'une seringue.

Ce contact, pour entraîner la fécondation, doit s'effectuer entre l'œuf et le sperme possédant tous ses éléments constitutifs. Ce n'est pas une vapeur dégagée par ce fluide, une *aura seminalis*, qui va imprégner et vivifier les œufs. Spallanzani a fait voir que les œufs de grenouille, placés au-dessus du sperme s'évaporant lentement, n'étaient pas fécondés : c'est le sperme en nature, pourvu de ses spermatozoïdes, et de ses spermatozoïdes vivants, qui féconde. Il jouit de cette merveilleuse propriété, tant qu'il conserve ces singuliers corps, même lorsqu'on l'a étendu d'eau et considérablement dilué : il la perd en perdant ceux-ci. Le sperme des hybrides et des animaux non pubères, dépourvu de spermatozoïdes, est sans action sur les œufs. Celui qui en a été privé par la filtration ne féconde pas non plus, ainsi que le sperme dont les spermatozoïdes ont cessé de se mouvoir.

La propriété fécondante du sperme réside donc dans les spermatozoïdes, mais en quoi consiste cette propriété, et comment ces corpuscules impriment-ils à l'œuf l'aptitude à se développer?

Après l'accouplement, lorsque le sperme et les ovules viennent à se rencontrer, on trouve, dans l'utérus ou dans les trompes, ces ovules entourés de spermatozoïdes exécutant des mouvements plus ou moins vifs, mais l'observation ne va pas au delà. On ne sait si les spermatozoïdes apportent à la surface de l'ovule une partie fluide du sperme destinée à en pénétrer la substance. On ignore si c'est la propre matière de ce spermatozoïde qui imprègne celle de l'œuf. Les premiers physiologistes qui eurent connaissance des zoospermes admirent sans preuves que ces corps pénétraient dans l'œuf et y constituaient la miniature de l'animal. Prévost et Dumas apportèrent une restriction à cette hypothèse, en

qu'après leur pénétration dans l'œuf, ils y constituaient le rudiment du système nerveux. Dans ces derniers temps, un ovologiste anglais, Barry, a cru trouver à la membrane vitelline une fente destinée à laisser pénétrer le spermatozoïde dans l'intérieur du vitellus. Mais cette fente, dans laquelle il aurait vu s'engager un spermatozoïde, n'a encore été trouvée que par lui ; elle a échappé aux investigations de Bischoff et d'autres observateurs habiles.

Quelle que puisse être l'action du sperme sur l'œuf, qu'il y ait pénétration d'une partie de ce fluide ou seulement d'un spermatozoïde dans l'œuf, ou bien que le sperme communique à l'ovule une impulsion en vertu de laquelle il effectue son développement, peu importe ; après tout, la fécondation ne perd rien de son caractère mystérieux. En effet, c'est par une goutte de sperme, et dans cette goutte de sperme, c'est par un spermatozoïde infiniment petit, que le mâle concourt à la formation d'un être nouveau. C'est par cette parcelle microscopique de matière, et uniquement par elle, que le mâle communique à son produit sa taille, ses formes, son caractère et ses aptitudes diverses.

II. Des lois de la fécondation.

Dans le règne animal, de même que dans le règne végétal, la fécondation n'a lieu habituellement qu'entre des individus d'une même espèce. Le pollen des organes mâles d'une plante, emporté dans les airs, reste sans action sur le pistil des plantes qui n'appartiennent point à l'espèce dont il provient. Le sperme du poisson, versé dans les eaux, rencontre en vain les œufs d'une foule de poissons ; il ne féconde que ceux de son espèce, lorsqu'il vient à se mettre en rapport avec eux. Parmi les animaux qui s'accouplent, les instincts génésiques ne sollicitent le rapprochement des sexes qu'entre des individus de la même espèce. C'est par là que la nature assure l'immutabilité et la perpétuité des espèces.

L'espèce, considérée à un point de vue philosophique, se dépeint et se caractérise nettement par la génération, c'est-à-dire par l'aptitude des êtres organisés à produire entre eux des individus jouissant d'une fécondité indéfinie. Elle est, suivant les expressions de G. Cuvier, « la réunion des individus descendus les uns des autres ou de parents communs, et qui leur ressemblent, autant qu'ils se ressemblent entre eux. » Cette collection d'êtres semblables est une unité, un type, qui ne dérive point d'un type analogue, et qui ne donne point naissance à des types nouveaux ; elle ne se perfectionne ni ne dégénère ; elle reste indéfiniment ce qu'elle était à son origine.

L'immutabilité de l'espèce est prouvée par une foule de faits dont la valeur est incontestable. Les animaux sauvages de la même espèce, qui vivent dans les climats les plus divers, depuis l'équateur jusqu'aux pôles, qui éprouvent l'action si diversifiée du sol, de la nourriture, de la température, conservent leurs caractères, à part quelques variations dans la taille, la couleur de la peau, l'aspect des productions épidermiques, et quelques détails des formes extérieures. Les animaux domestiques, soumis en partie aux mêmes influences que les premiers, et placés de plus sous l'empire de conditions nouvelles, créées par l'intervention de l'homme, conservent leur individualité spécifique à travers les siècles et dans toutes les parties du monde. On sait, en effet, depuis les immortels travaux de Cuvier, que le loup

et le renard d'Afrique sont essentiellement les mêmes que le loup et le renard des pays du Nord ; que l'hyène de Perse est semblable à celle de l'empire de Maroc ; que les crocodiles, les ibis, les oiseaux de proie, les chats et les chiens embaumés dans les monuments égyptiens du temps des Pharaons, c'est-à-dire depuis trente siècles, ne diffèrent pas sensiblement des crocodiles, des ibis, des chats et des chiens qui vivent aujourd'hui.

Mais si les espèces se conservent indéfiniment avec leurs caractères essentiels, elles se modifient plus ou moins par l'action du climat, de la nourriture et de la domesticité. Il se forme ainsi dans l'espèce, des races ou des variétés qui se perpétuent à leur tour par voie de génération.

Sous l'influence complexe du climat, la taille des animaux, les proportions des diverses parties du corps, la couleur, l'abondance et la finesse des poils se modifient considérablement. Dans les régions tropicales comme dans les contrées les plus froides, le volume des animaux se réduit notablement, tandis qu'il atteint son maximum dans les pays tempérés. Dans les contrées chaudes, les animaux ont, en général, le pelage plus fourni, les productions cornées sèches ; dans les pays froids, ils ont des fourrures épaisses très fines. Ces différences dans la taille des animaux, dans la couleur de la peau, la longueur et la finesse des poils, suffisent à elles seules, quand elles sont très prononcées, pour caractériser nettement des races ou des variétés.

Par le fait de l'alimentation plus ou moins abondante, plus ou moins nutritive, débilitante ou excitante, il se crée des races grandes ou petites, massives ou élancées.

Enfin, par la domesticité, c'est-à-dire par l'intervention de l'homme, qui place les animaux dans de nouvelles conditions d'existence, les soustrait, dans de certaines limites, à l'action du climat, leur fournit des aliments variés, les soumet à des travaux pénibles, les mutile, leur impose des privations, dirige leur reproduction, il se forme des races plus ou moins caractérisées dans toutes les espèces. Aussi avons-nous, dans les diverses parties du globe, un nombre prodigieux de races de bœufs, de chevaux, de moutons et de chiens.

Toutes ces races ou ces variétés de l'espèce, créées par le concours des causes extérieures qui agissent sur les animaux, se perpétuent par la génération. Celle-ci, par elle-même, ne crée ni ne modifie rien ; elle tend à fixer et à conserver les modifications acquises, les caractères ou les attributs de la race, comme elle tend à conserver invariablement les caractères de l'espèce. Aussi, parmi les animaux sauvages ou parmi les animaux abandonnés à eux-mêmes, les races se maintiennent tant que les causes auxquelles elles doivent naissance continuent à agir sur elles.

Cependant, lorsque des animaux de races différentes s'allient entre eux, les produits de cette alliance, ne pouvant réunir les caractères de leurs ascendants, présentent des caractères mixtes. Le blanc avec le nègre donne le mulâtre ; le lévrier et le dogue produisent une variété intermédiaire. C'est par ces croisements qu'on obtient et qu'on perfectionne dans les espèces du cheval, du bœuf, du mouton, des races très précieuses, les unes pour le travail, les autres pour la course, la production de la chair, du lait, de la laine, etc. Aussi, comme l'a dit F. Cuvier, « on peut toujours former des races nouvelles en prenant soin d'accoupler constamment des individus pourvus des particularités d'organisation dont on veut faire le caractère de ces races. »

§ I. — De la fécondation entre animaux de même espèce ou d'espèces différentes.

La fécondation qui, habituellement, et dans le plan de la nature, a lieu seulement entre les animaux de la même espèce, peut quelquefois s'opérer entre des individus appartenant à des espèces différentes, mais voisines l'une de l'autre. Il résulte de cette alliance des hybrides généralement stériles ou d'une fécondité bornée à quelques générations.

L'hybridité, qui s'observe très rarement parmi les animaux à l'état sauvage, à cause de la répulsion instinctive qu'éprouvent les individus d'une espèce pour ceux d'une autre, se voit souvent chez les animaux soumis à la domesticité. Elle peut avoir lieu entre les espèces appartenant au même genre, comme entre le cheval et l'âne, le bœuf et le bison, le bouc et la brebis, la brebis et le mouflon, le porc et le sanglier, le chien et le loup, etc. Aucun fait ne prouve que cette alliance soit possible entre des espèces de genres différents, fussent-elles d'ailleurs de la même classe, du même ordre et de la même famille.

Parmi les carnassiers, le loup produit avec le chien, le chien avec le chacal, le tigre avec le lion. Le croisement du chien avec le loup est assez commun. Pline dit que les Gaulois se procuraient pour la chasse certains métis, qu'ils obtenaient en faisant couvrir par des loups les chiennes attachées dans les forêts. Buffon, F. Cuvier et M. Flourens (1) en ont vu des exemples fréquents dans les ménageries : le chacal avec la chienne ou le chien avec la femelle du chacal ont produit plusieurs fois. M. Flourens a obtenu de ce croisement trois petits. L'un d'eux avait le pelage gris fauve du père, qui était un chacal, et les deux autres avaient la robe noire de leur mère. Ils avaient tous les trois des poils soyeux et des poils laineux comme la généralité des animaux sauvages. Leurs allures étaient brusques et farouches.

Parmi les solipèdes, l'hybridation est très ordinaire. L'âne produit avec la jument le mulet, si remarquable par sa conformation intermédiaire à celle de ses ascendants, par sa rusticité et ses autres qualités comme bête de somme. Le cheval avec l'ânesse donne le bardeau, moins répandu que le premier. Le zèbre produit avec le cheval ; il produit avec l'âne ; celui-ci avec l'hémione. Tous les solipèdes produisent entre eux, car ils appartiennent tous à un genre unique extrêmement naturel.

Un assez grand nombre de ruminants s'accouplent entre eux et donnent des hybrides. Le dromadaire produit avec le chameau des individus stériles ; le bœuf avec le bison ; le bouc avec la brebis ; mais la brebis avec le mouflon donne des produits féconds.

Les oiseaux nous montrent aussi des exemples d'unions fécondes entre les espèces voisines. On en connaît entre le coq et le faisan, entre le faisan commun et les faisans de la Chine, entre le canard commun et le musqué, entre l'oie domestique et l'oie du Canada, l'oie et le cygne chanteur, le morillon et la sarcelle, le serin et le chardonneret.

Les espèces éloignées les unes des autres ne produisent jamais entre elles, et cela dès qu'elles ne sont point du même genre. Buffon, F. Cuvier, M. Flourens (1), n'ont pu parvenir à déterminer des alliances, et des alliances fécondes, entre la chienne et le renard, ni entre la renarde et le chien, quoique Aristote dise que les

(1) *Leçons orales au Muséum d'histoire naturelle.* — 1851.

chiens de Laconie viennent du renard et de la chienne. Personne n'a encore vu un solipède produire avec un ruminant, un ruminant avec un pachyderme. Tout ce que les auteurs rapportent des prétendus jumarts issus du cheval et de la vache ou de la jument et du taureau ou de celui-ci avec l'ânesse, est faux ou s'applique à des animaux difformes, plus ou moins monstrueux. Déjà, dans le siècle dernier, les naturalistes éclairés, Buffon, Bonnet, révoquent en doute leur existence. Les exemples cités par Sténon, Blasius, Adanson, Bourgelat, Bredin, Grognier, sont loin de porter la conviction dans les esprits. Bourgelat cite d'abord le produit d'un étalon navarrais, plein d'ardeur, qui couvrit une vache : le jumart vécut quatre mois ; il ressemblait beaucoup plus à la mère qu'au père et portait sur le front deux proéminences comme dans le veau naissant. Ce n'était évidemment qu'un veau. Le savant fondateur des écoles vétérinaires parle d'un autre jumart femelle dont la dissection fut faite sous ses yeux. Celui-ci avait le front et le mufle, la langue et la rate du taureau ; mais il avait pour tout le reste la conformation du cheval : même nombre de molaires et d'incisives ; même disposition des muscles ; même forme de l'estomac, de l'utérus et du foie que dans les solipèdes. C'était encore là, comme on le voit, un mulet ou un bardeau un peu difforme, comme on peut en juger du reste par les figures qu'en donne Tupputi et par la tête qui est conservée dans les collections d'Alfort. Le jumart observé par Bredin avait le pied, la tête, le nez, les oreilles, la crinière, les dents, les organes génitaux de l'âne ; il avait seulement la croupe plus arrondie, le ventre plus volumineux et le front plus large que ce dernier ; mais c'était encore un solipède, ou un âne, ou un mulet, ou un bardeau. Les jumarts nés dans les montagnes du Dauphiné, et vus par Grognier, avaient, à quelques légères différences près, la conformation des mulets ou des bardeaux (1).

Les produits résultant de l'alliance de deux espèces différentes sont généralement stériles. Lorsque, par exception, ils jouissent de la faculté de se reproduire, leur fécondité est bornée à la première, à la seconde, et au plus, à la troisième génération. En frappant de stérilité ces produits, ou en ne leur laissant qu'une fécondité limitée et bien vite éteinte, la nature a voulu éviter le mélange, la fusion des espèces ou la formation d'espèces intermédiaires à celles qui peuvent contracter entre elles des alliances illicites. Ce qui se passe depuis un grand nombre de siècles entre l'âne et le cheval, deux espèces qui se ressemblent tant par leur conformation extérieure et par leur structure anatomique, prouve que la fusion des espèces ou la formation d'espèces mixtes est chose impossible. « Assurément, dit M. Flourens, si jamais on a pu imaginer une réunion complète de toutes les conditions les plus favorables à la transformation d'une espèce en une autre, cette réunion se trouve ici. Et cependant y a-t-il eu transformation ? L'espèce de l'âne s'est-elle transformée en celle du cheval, ou celle du cheval en celle de l'âne ? Ne sont-elles pas aussi distinctes aujourd'hui qu'elles l'aient jamais été ? Au milieu de toutes ces races presque innombrables qu'on a tirées de chacune d'elles, y en a-t-il une seule qui soit passée de l'espèce du cheval à celle de l'âne, ou réciproquement (2) ? »

La stérilité dont se trouvent frappés la plupart des hybrides ne tient pas à des causes faciles à apprécier. Les anciens l'attribuaient à une trop grande fluidité du

(1) *Notice historique sur Bourgelat*, par L.-F. Grognier. Paris, 1805, p. 187

(2) *Histoire des travaux de Cuvier.*, p. 290.

sperme et à un vice de conformation de la matrice. Aujourd'hui, en ce qui concerne les mâles, on sait depuis Bonnet que le sperme manque de spermatozoïdes ou n'a que des spermatozoïdes incomplets, à l'état rudimentaire; mais les femelles, les mules, par exemple, n'ont rien d'anormal dans la disposition et la structure de l'appareil génital; le vagin et l'utérus ressemblent exactement aux mêmes parties de la jument et de l'ânesse; le col de l'utérus est ouvert, les trompes sont libres; les ovaires, quoique un peu petits, possèdent des vésicules de de Graaf et des ovules; néanmoins, d'après M. Coste, de qui je tiens cette observation, les vésicules et les ovules y sont en faible proportion; ces femelles, enfin, ont aussi leur rut périodique, et très probablement leur ponte ou leur ovulation spontanée, car j'ai vu dans la collection du savant ovologiste, un ovaire de mule portant un corps jaune bien caractérisé.

On conçoit donc, d'après cela, que la stérilité des hybrides ne soit pas absolue; et, en effet, il arrive que des mules soient fécondées et que d'autres hybrides se reproduisent à peu près régulièrement pendant les deux ou trois premières générations. Aristote dit qu'on a vu le mulet produire avec la jument, et la mule être fécondée sans pouvoir amener son fruit à terme; mais ce qu'il dit des mules fécondes d'une partie de la Syrie paraît se rapporter à l'hémione. Buffon, Charles Bonnet, ont recueilli des exemples bien connus de cette fécondité des mules, et tout récemment, M. de Nanzio et d'autres vétérinaires en ont cité de nouveaux; enfin, divers observateurs ont constaté une fécondité assez commune parmi les carnassiers et les oiseaux hybrides.

La fécondité est donc un moyen sûr de reconnaître l'identité de l'espèce. C'est une sorte de pierre de touche, à l'aide de laquelle on peut s'assurer que tels et tels animaux appartiennent à la même espèce, au même genre, ou à des espèces et à des genres différents. Toutes les fois que des animaux produisent entre eux des individus jouissant d'une fécondité continue et indéfinie, ils sont de la même espèce. Le blanc produit avec le nègre, le nègre avec le mongol, des individus indéfiniment féconds, et c'est là une preuve certaine de l'unité de l'espèce humaine. Le mouflon de Corse ou d'Espagne donne avec la brebis domestique des produits féconds, que Pline connaissait déjà : la brebis et le mouflon, si différents de prime abord, ne forment donc qu'une seule espèce. Le zébu et le bœuf de nos contrées produisent également ensemble des individus jouissant d'une fécondité illimitée; ils ne sont encore que deux races appartenant à la même espèce.

Au contraire, l'âne produit avec le cheval, l'âne avec l'hémione, le dromadaire avec le chameau, le bœuf avec le bison, le bouc avec la brebis, le chacal avec le chien, le chien avec le loup, des individus généralement stériles ou des individus possédant par exception une fécondité qui s'éteint dès la première, la seconde ou la troisième génération. L'âne n'est donc pas de la même espèce que le cheval, l'hémione de la même que l'âne, etc. Ces animaux ont beau se ressembler par leur organisation, la configuration de leur squelette, de leurs muscles, de leurs viscères, et jusque par leur conformation extérieure, ils appartiennent chacun à une espèce distincte; mais ces espèces qui produisent entre elles sont du même genre.

Dès que des espèces en apparence voisines ne s'allient point ensemble, il devient extrêmement probable qu'elles n'appartiennent point au même genre. Le chien ne produit pas avec le renard ni avec l'hyène : ces trois animaux sont de trois genres

différents. L'hyène ne doit point produire avec la lionne, ni la chienne avec le tigre, quoi qu'en dise Pline; car l'hyène, la lionne, la chienne sont des carnassiers de trois genres distincts. A plus forte raison le taureau ne doit-il pas produire avec la jument ou avec l'ânesse; car ces animaux, non-seulement ne sont point de même genre, mais encore ils ne sont pas de même famille ni de même ordre.

Le degré de fécondité des animaux est excessivement variable, suivant les espèces et suivant les classes, mais les lois d'après lesquelles il est réglé ne sont pas encore bien déterminées.

Parmi les vertébrés, les ovipares sont généralement plus féconds que les vivipares, et chez les premiers, les poissons, qui pondent, comme on le sait, un nombre d'œufs si considérable, doivent être placés en première ligne; après eux les reptiles, et après les reptiles les oiseaux. Les mammifères jouissent d'une fécondité le plus souvent inférieure à celle des oiseaux. Parmi eux, la fécondité n'est en rapport ni avec l'ordre et la famille, ni avec le régime. Cependant les quadrumanes ne font qu'un ou deux petits, de même que les solipèdes, les grands pachydermes et les ruminants, tandis que les carnassiers, les rongeurs, les didelphes, en font généralement un grand nombre.

Cette fécondité paraît être, suivant la remarque de Buffon, en raison inverse de la taille des animaux. Tous les grands mammifères, l'éléphant, la girafe, le dromadaire, le cheval, le bœuf; tous les grands oiseaux, l'autruche, le casoar, l'aigle, le vautour, produisent peu ; mais le porc, parmi les animaux de moyenne taille, fait exception. Tous les petits sont d'une fécondité remarquable, tels le chien, la sarigue, le lapin, le cochon d'Inde, les rats, la souris, etc.

En ce qui concerne les mammifères, on sait que l'éléphant, le rhinocéros, l'hippopotame, le chameau, le dromadaire, les paresseux, les fourmiliers, font un seul petit à chaque portée. La vache, la brebis, la biche, le lama, la jument, l'ânesse n'en font qu'un seul aussi, et deux par exception; la chèvre, le chevreuil, le chamois, un, deux ou trois; le chat, le renard, le chacal, les martres, le blaireau, le tigre, le lion, l'ours, l'écureuil, le hérisson, de deux à six; le chien, le loup, le cochon d'Inde, de cinq à dix; le sanglier et le porc domestique jusqu'à douze et même quatorze; enfin, le surmulot porterait jusqu'à dix-neuf petits d'après Buffon.

Un assez grand nombre de ces animaux ne font qu'une seule portée par an, et parmi eux se trouvent nécessairement tous ceux dont la gestation dure plus de six mois, comme les grands pachydermes, les solipèdes et les ruminants de grande taille. Les autres font deux portées et plus par an, tels le porc, le sanglier, le lièvre, le lapin, le furet, la souris, le loir, les rats. On sait que le lapin et le cochon d'Inde produisent aisément six à huit portées annuelles.

Parmi les oiseaux, les espèces les plus fécondes sont, en général, les plus petites. Les oiseaux de proie font un petit nombre d'œufs. L'aigle, le pygargue, l'orfraie, le vautour, la buse, en pondent deux ou trois, l'épervier quatre ou cinq, le faucon, la cresserelle, l'émérillon, de quatre à six. Beaucoup de passereaux, le corbeau, la corneille, la pie, le geai, l'étourneau, la grive, le moineau, la linotte, le pinson, le verdier, le chardonneret, le bouvreuil, l'alouette, le rossignol, en pondent cinq ou six. Les gallinacés sont encore plus féconds. La pintade, dans les pays où elle vit à l'état sauvage, fait dix à douze œufs, le coq de bruyère huit, neuf et plus. Le

petit tétras de six à vingt, la perdrix de quinze à vingt-cinq, la caille de treize à vingt, le faisan une vingtaine. Ceux des oiseaux de cet ordre, qui sont domestiques, pondent, comme on le sait à peu près tous les jours, excepté pendant la saison de la mue et celle des grands froids. Plusieurs espèces de divers ordres, notamment dans celui des passereaux, font plusieurs pontes par an ; ainsi le pigeon, le ramier, la grive, le moineau, le bruant, etc.

La fécondité départie à chaque espèce animale est évidemment mise en harmonie avec les lois générales de la multiplication des animaux à la surface du globe Les espèces qui vivent de substances végétales sont les plus nombreuses, et celles qui comprennent chacune le plus grand nombre d'individus; d'abord, parce qu'elles vivent aux dépens de la masse alimentaire énorme, représentée par les plantes herbacées, et ensuite, parce qu'elles doivent devenir l'unique aliment des animaux carnassiers. Ces espèces doivent donc être assez nombreuses en individus, pour que, la part des carnassiers étant faite, elles constituent encore une population considérable en rapport avec leurs moyens d'existence. D'un autre côté, les espèces carnassières ne doivent se multiplier que dans une proportion très restreinte, surtout dans les parties du globe où l'homme, en étendant sa domination à la presque totalité de l'espace, y a fait disparaître la plupart des animaux herbivores sauvages. Aussi est-ce seulement dans les contrées à immenses déserts ou à vastes forêts, que les grands carnassiers sont pour la plupart relégués depuis longtemps.

La fécondité des animaux est d'ailleurs proportionnée à la brièveté de la vie et à la multiplicité des causes de destruction auxquelles ils sont exposés. Aussi les petites espèces, qui vivent peu et qui peuvent être souvent décimées par suite des intempéries des saisons, de la disette d'aliments, se reproduisent-elles avec une prodigieuse rapidité, comme on le voit, à de certaines années, chez les souris, les mulots, les rats, qui dévastent les campagnes. Cette multiplication est telle, même parmi des animaux de taille moyenne, que, d'après les calculs de Vauban, une truie et les dix générations qui en dérivent, pendant une période de douze années, peuvent produire plus de six millions d'individus.

Il est à remarquer que les cas de stérilité sont parmi les animaux infiniment plus rares que dans l'espèce humaine ; néanmoins, beaucoup d'animaux sauvages, une fois en captivité, cessent de se reproduire, comme l'éléphant, la girafe, le lion, les singes nous en donnent des exemples, ou s'ils produisent quelquefois, c'est par exception. Quelques individus appartenant aux espèces domestiques perdent aussi, sans cause appréciable, leur aptitude à la reproduction. Il n'est pas rare de voir devenir stériles les femelles dont l'engraissement est porté à un haut degré, aussi bien chez les mammifères que chez les oiseaux de basse-cour (1). On croit généralement que lorsque les femelles unipares donnent deux petits dans une

(1) Des routes de l'amour l'embonpoint inutile
Aux germes créateurs ouvre un champ moins fertile.

Hoc faciunt, nimio ne luxu obtusior usus
Sit genitali arvo, et sulcos oblimet inertes ;
Sed rapiat sitiens venerem interiusque recondat.

VIRGILE, *Géorg.*, livre III.

portée, l'un mâle, l'autre femelle, celui-ci est frappé de stérilité. Le fait est inexact en ce qui concerne les brebis, mais il est quelquefois vrai pour l'espèce bovine. Mon père a élevé, il n'y a pas longtemps, une génisse et un bœuf provenant de la même portée; le mâle est devenu très beau; la femelle, qui a été conservée jusqu'à l'âge de trois ans et demi, a éprouvé souvent, à partir de dix-huit mois, des chaleurs périodiques, mais elle n'a jamais conçu.

§ II. — De l'hérédité.

Que la fécondation s'opère entre des animaux de même espèce et de même race ou entre des animaux d'espèces et de races différentes, il y a toujours transmission, aux êtres procréés, de l'organisation, des formes, de l'instinct, de l'intelligence, des aptitudes diverses des êtres procréateurs. Par cette transmission, connue sous le nom d'hérédité, le descendant répète et reproduit l'ascendant, la génération nouvelle rend exactement la génération qui la précède, de telle sorte que l'espèce tout en se renouvelant indéfiniment, conserve les caractères distinctifs qui lui ont été imprimés originairement par la nature. Constatons ici avec soin l'étendue et les limites de l'hérédité dans le règne animal.

Ce qu'il y a de plus constant et de plus invariable dans la génération est d'abord la répétition fidèle de l'organisation propre à l'espèce. L'individu nouveau doit être un exemplaire exact de l'individu ancien, non-seulement dans l'ensemble, mais encore dans les plus petits détails. Cet individu procréé doit rendre chaque système, chaque appareil, chaque organe, chaque partie d'organe avec les particularités de configuration et de structure qui appartiennent à l'individu procréateur. Il faut qu'il y ait, dans l'un comme dans l'autre, même nombre d'os, de muscles, de nerfs, de vaisseaux, de viscères, mêmes formes, mêmes rapports, même texture de ces différentes parties. Le temps, la multiplicité des générations successives n'altèrent pas le type ou le plan de cette organisation : le bœuf qui vit actuellement a encore le squelette exactement semblable à celui qui vivait il y a trente siècles, et dont les monuments égyptiens nous ont conservé des restes; l'ibis qu'on trouve sur les bords du Nil a aujourd'hui le squelette semblable à celui de l'ibis du temps des Pharaons; les ossements d'animaux enfouis depuis des siècles dans les tourbières ou dans les alluvions ne se distinguent pas de ceux des mêmes espèces vivantes. L'anatomiste qui compare maintenant entre eux les animaux d'une même espèce ne découvre que des différences légères purement accidentelles ou des monstruosités dues à des causes qui ont perverti le développement normal des organes.

En même temps que l'organisation se répète indéfiniment jusque dans ses moindres détails, l'ordre d'évolution et de développement des parties se perpétue avec la même constance et la même uniformité. C'est toujours à une époque fixe que tel organe apparaît ou s'atrophie; c'est toujours au même moment que se forment tels noyaux d'ossification, que disparaissent telles épiphyses, que sortent ou que tombent les dents. C'est toujours suivant le même ordre que s'effectuent les métamorphoses des animaux inférieurs. Il y a sous ce rapport, à part quelques variations dues à des causes diverses, autant de fixité que dans la reproduction du plan organique.

La transmission des formes extérieures n'est pas moins remarquable que celle de l'organisation, bien qu'elle ne soit pas toujours aussi invariable. Elle porte sur

la taille, le volume du corps, les proportions des membres, du tronc, de la tête et de leurs différentes parties; sur la couleur de la peau, des poils, des plumes, sur la forme des ongles, des sabots, des cornes. Rien n'est frappant parmi les espèces sauvages comme la constance des proportions, l'uniformité du pelage, l'identité de la physionomie, de l'expression. Chez les animaux domestiques, la conformation extérieure, la couleur de la robe, les marques particulières se conservent sans altération dans les races qui restent pures de toute alliance étrangère. On reconnaît le cheval de course anglais à la forme de l'encolure, de la poitrine, à la direction de la croupe; le bœuf Durham à la petitesse de sa tête, à la minceur de ses cornes, à la largeur de sa poitrine, de son garrot et de son dos, à la brièveté et à la finesse des régions inférieures des membres. Les races bovines de la Suisse, de la Franche-Comté, de l'Auvergne, du Poitou; les races équestres de l'Espagne, de certaines parties de l'Allemagne; les races de moutons de nos contrées; les races de chiens, malgré la facilité de leurs croisements réciproques, se distinguent encore : le lévrier, le mâtin, le dogue, le terre-neuve, l'épagneul conservent assez nettement leurs caractères distinctifs.

La transmission du naturel propre à chaque espèce et à chaque race, de son caractère, de ses instincts et de son intelligence n'est pas moins remarquable. Parmi les animaux sauvages, tout se perpétue sans la moindre altération sensible. Ce que les plus anciens naturalistes nous ont appris sur les mœurs, les habitudes, de ces êtres est encore vrai aujourd'hui. Chaque animal a toujours le même genre de vie, les mêmes moyens d'attaque et de défense, les mêmes ruses pour surprendre ses ennemis ou pour se mettre à l'abri de leurs agressions. L'abeille construit toujours sa ruche sur le même plan, le castor élève ses habitations d'après la même architecture; c'est toujours au même lieu et avec les mêmes matériaux que l'oiseau construit son nid; c'est toujours de la même manière qu'il nourrit, qu'il protége et qu'il élève ses petits. Une longue série de siècles n'a point adouci le naturel du lion et des autres carnassiers; le voisinage de l'homme, l'influence de la domesticité n'ont rien ajouté à l'intelligence obtuse de la brebis. Les modifications imprimées à certaines races sont devenues transmissibles au même titre que les dispositions innées et primitives. L'aptitude à reconnaître et à suivre la piste du gibier est devenue héréditaire chez le chien de chasse, et c'est par l'hérédité que l'animal domestique communique à ses descendants l'empreinte qu'il a reçue de la domination humaine. Les animaux souples et dociles transmettent à leurs produits un caractère analogue au leur.

L'hérédité s'étend ainsi à diverses aptitudes, à une foule de prédispositions, aux tempéraments, aux maladies, etc. La constitution ou lymphatique, ou sanguine, ou nerveuse se transmet des ascendants à leur produit; l'aptitude à se bien nourrir, à engraisser, à donner du lait, la faculté prolifique, la rusticité, la faculté de résister aux fatigues, l'aptitude à la course passent très souvent aux descendants des animaux qui possèdent ces qualités. Il en est de même des prédispositions à contracter telle maladie, telle infirmité auxquelles se trouvaient sujets les ascendants.

Les animaux jouissent donc de la faculté de transmettre à leurs descendants, par la voie de la génération, leur organisation, leurs formes, leur naturel, leurs instincts, leur intelligence, leurs aptitudes, leurs qualités et leurs prédispositions diverses. Mais cette transmission tient-elle à l'influence du mâle ou de la femelle, ou à celle des deux à la fois? La part d'action des deux facteurs est-elle la même dans toutes

les espèces, dans toutes les races et dans toutes les conditions ? C'est ce qu'il importe ici de rechercher.

Le mâle et la femelle paraissent exercer chacun une influence particulière sur le produit de la fécondation. Le mâle donne, dit-on, à ses descendants la vigueur, l'énergie, la conformation générale du corps, et principalement celle de la tête, de l'encolure et des membres antérieurs; la femelle donne la taille et imprime ses formes à la partie postérieure du corps.

Pour apprécier exactement la part d'action de chacun des ascendants sur leur produit, il importe de l'étudier isolément dans les diverses conditions où elle devient saisissable : 1° lorsqu'il y a union entre les animaux sauvages de même espèce ; 2° lorsqu'il y a accouplement entre des animaux, soit sauvages, soit domestiques, de même espèce, mais de races ou de variétés différentes; 3° enfin lorsqu'il y a alliance entre des animaux appartenant à des espèces voisines.

Dans la première condition, qui est la plus naturelle et la plus générale, l'influence du mâle se démêle difficilement de celle de la femelle quand les deux sexes se ressemblent par leur taille, leur conformation, par la couleur de la peau, des poils ou des plumes; et, dans le même cas, ces deux influences ne se distinguent guère mieux lorsque le mâle diffère considérablement de la femelle : le produit ressemble au père s'il est mâle, et à la mère s'il est femelle. Ainsi, dans l'espèce du lion, le jeune mâle prend la crinière et la physionomie du père, et la femelle prend la robe et le caractère de la lionne. Dans l'espèce du cerf, le mâle et la femelle, après avoir présenté les mêmes formes et porté le même pelage, se différencient l'un de l'autre : le mâle devient semblable au cerf par la forme de la tête, par la présence des bois; la femelle prend l'aspect de la biche. Il en est de même dans l'espèce du bœuf, dans celles d'un assez grand nombre de mammifères et d'oiseaux, dont les mâles diffèrent très notablement des femelles. Ce n'est donc pas dans cette première condition que l'influence particulière de chacun des ascendants devient manifeste.

Lorsqu'il y a alliance ou croisement entre des animaux de même espèce mais de races ou de variétés différentes, l'influence de chacun des ascendants paraît plus distincte. Dans ce deuxième cas, le produit ressemble tantôt au père, tantôt à la mère, d'autres fois il tient le milieu entre ses ascendants, soit par une fusion de leurs caractères, soit par une association ou un mélange de ceux-ci.

Ainsi d'abord il arrive que les produits ressemblent presque exactement à l'un des ascendants, au mâle ou à la femelle. C'est ce qu'on voit surtout chez les animaux multipares, notamment chez les carnassiers. Hartmann (1) cite le fait d'une chienne terrière qui, ayant été couverte par un lévrier, mit bas deux lévriers et deux bassets ou terriers. Geoffroy Saint-Hilaire rapporte qu'une chienne du Saint-Bernard fut couverte par deux mâles de son espèce, un chien de Terre-Neuve de sa taille et un chien de chasse plus petit. Elle fit onze petits : cinq mâles, semblables au chien de Terre-Neuve et deux fois grands comme les autres, et six femelles pareilles au chien de chasse. Souvent on voit, parmi les petits chiens d'une même portée, des individus qui ressemblent exactement à leur père, non-seulement par la couleur de la robe, mais encore par la conformation extérieure, et d'autres qui rappellent leur

(1) *Traité des haras*, traduction française, Paris, 1788, p. 48.

mère sous ce double rapport. On sait que les poulains et les veaux ressemblent tantôt à leur père, tantôt à leur mère, par la couleur de la robe et ses marques particulières.

Le plus communément, cependant, les choses ne se passent point de cette manière : le produit est intermédiaire par sa conformation, la couleur de son pelage, et par ses autres caractères, à ses deux ascendants. Il peut y avoir en lui fusion des qualités et des défauts de ceux-ci, ou bien il peut donner un mélange sans fusion de ces caractères; en d'autres termes, il peut avoir du père la forme de la tête, les proportions de l'encolure, et tenir de la mère la forme de la croupe, de la poitrine, celle du pied, la couleur de la robe, etc. En alliant le cheval arabe ou le coursier anglais avec une jument de trait on obtient un produit qui n'est ni aussi svelte que son père, ni aussi massif que sa mère; il ne sera plus un lourd cheval de trait à tête volumineuse, à encolure épaisse, à large croupe, à extrémités robustes, mais il ne sera pas encore un cheval léger, à tête fine, à encolure mince, à pieds étroits. De même allie-t-on le taureau suisse à la vache des montagnes du Jura, le métis, sans atteindre la taille du père, dépassera celle de la mère : sa tête perdra la légèreté de celle de la race maternelle sans prendre tout à fait le volume de la tête et des cornes du père; les proportions des diverses régions, l'épaisseur de la peau, la couleur des poils présenteront un intermédiaire plus ou moins exact entre les deux races ascendantes. Il en sera de même, chez les autres animaux, quant à la taille, à la conformation générale du corps, aux proportions de ses diverses parties, à l'aptitude à tel ou tel service, à l'engraissement, à la sécrétion du lait. Aussi c'est à l'aide de ces croisements qu'on crée des races nouvelles intermédiaires à celles qui servent de souche. C'est par eux que les Anglais ont produit leur belle race de course, et que tous les jours nous voyons se perfectionner nos bœufs, nos moutons, surtout ceux qu'on destine spécialement à l'alimentation ou à la production des laines.

Dans les cas d'alliances entre des animaux d'espèces différentes, l'influence particulière de chacun des ascendants sur leur produit devient encore plus distincte que dans celui du croisement des races ou des variétés. Ici, on a pour sujet d'étude le produit de l'âne avec la jument, celui du cheval avec l'ânesse, du bouc avec la brebis, et un assez grand nombre d'hybrides, moins bien connus, parmi les ruminants, les carnassiers, etc.

Le mulet, provenant de l'âne et de la jument, est beaucoup plus grand que son père, et souvent presque de la taille de sa mère. Il a communément le pelage uniforme, noir ou alezan brûlé. Il a la tête longue, volumineuse, les naseaux peu dilatés, les arcades sourcilières larges et proéminentes, les oreilles longues, vacillantes pendant la marche et rarement dressées. Son encolure est droite, presque horizontale, mince, dépourvue de crinière; le garrot est bas, le dos droit ou convexe, la croupe étroite, inclinée de chaque côté; la poitrine est étroite, la côte un peu arrondie, le ventre assez ample, la queue dépourvue de crins à la base, les organes sexuels volumineux; il a deux mamelons bien prononcés sur les côtés du fourreau, les membres secs, les articulations assez droites; le sabot étroit, aplati latéralement et les talons hauts; les chataignes de l'avant-bras forment des plaques grenues, minces, circulaires; celles du jarret, qui manquent fort souvent, ont le même aspect, mais sont plus petites. Cet animal a une expres-

sion peu intelligente et sombre; il porte bas la tête, les oreilles inclinées; il n'est pas apte à la course, aux exercices rapides; il n'a ni le hennissement du cheval, ni le braiement de l'âne. Il est d'un caractère têtu, revêche, d'une constitution nerveuse, irritable; il est sobre, dur à la fatigue et très rarement malade.

Cet hybride tient donc plus de la nature et de la conformation de l'âne, son père, que de la jument. Il tient de l'âne le volume de la tête, la forme des arcades orbitaires, des dents, l'étroitesse des naseaux, la forme de la fausse narine, les proportions des oreilles, la forme de l'encolure, le défaut de crinière et de crins à la base de la queue, le peu de saillie du garrot, la direction du dos, la forme de la croupe, des pieds, des chataignes; le développement des mamelons, la sécheresse des extrémités. Il tient encore de son père le caractère, l'expression, les allures, la constitution, la rusticité, la sobriété, la vigueur, l'aptitude à conserver de la graisse intérieurement avec les apparences de la maigreur. Il tient de sa mère principalement par la taille, le développement de quelques régions et certaines proportions d'ensemble dont l'harmonie rappelle la gracieuse conformation de l'espèce maternelle. C'est un âne qui commence à se fondre dans le moule du cheval.

Le bardeau, issu de l'ânesse et du cheval, tient encore beaucoup plus de l'espèce asine que de celle du cheval; il reproduit sa mère agrandie. Ses formes, quoique généralement plus belles que celles du mulet, sont encore celles de l'âne, reconnaissables une à une à travers l'heureuse modification qu'elles ont éprouvée sous l'influence du cheval. Le bardeau, toujours moins grand que le mulet, a la tête fine, bien proportionnée, ressemblant beaucoup à celle du cheval; ses oreilles ne sont guère plus longues que celles de ce dernier et se tiennent redressées; les sourcils et les arcades orbitaires sont peu saillants; les naseaux sont assez dilatés, et la fausse narine est diverticulée. La crinière est passablement fournie et ses crins sont assez longs pour tomber sur un des côtés de l'encolure; le dos et les reins sont droits et tranchants, la croupe est étroite, effilée en arrière; la queue est garnie dès la base de crins longs et touffus; les pieds ressemblent à ceux du mulet, mais ils sont un peu plus larges, toutes proportions gardées; les organes génitaux sont très développés et les deux mamelons du fourreau très longs. La peau est mince, les poils sont de couleur uniforme et foncée, rarement d'une teinte fauve; les chataignes ont la forme de plaques minces et manquent rarement au tarse. Le naturel, la voix, la constitution, les qualités et les défauts sont à peu de chose près ce qu'ils étaient chez le mulet.

Le bardeau tient donc de son père la forme de la tête, des oreilles, la crinière, les crins de la base de la queue. Il tient de sa mère sa petite taille, la disposition de ses fausses narines, la forme de son garrot, de son dos, de ses membres, et en particulier des pieds et des chataignes. Il tient d'elle aussi son caractère, son peu d'aptitude aux allures rapides en raison de l'étroitesse des voies aériennes, sa vigueur, sa rusticité, sa constitution; il s'en rapproche d'autant plus que, comme cela arrive souvent, sa conformation devient parfois défectueuse et bizarre relativement à celle des autres solipèdes.

En somme, dans le produit des deux espèces, de l'âne et du cheval, c'est incontestablement l'influence de l'espèce asine qui prédomine et qui porte son empreinte à la fois sur les formes extérieures, sur la constitution, sur le naturel, c'est-à-dire

sur ce qu'il y a de plus fixe, et d'autre part, sur ce qu'il y a de plus fugace ou de moins stable sous le rapport de la transmission héréditaire.

Les hybrides des autres solipèdes, du zèbre avec le cheval, de l'âne avec le zèbre, de l'hémione avec l'âne, s'ils avaient été bien étudiés, permettraient d'établir pour chaque croisement l'influence particulière exercée sur le produit par chacun des ascendants. Malheureusement, on manque de détails précis à cet égard. Le produit actuellement vivant au Jardin des plantes, de l'hémione mâle et de l'ânesse, ressemble beaucoup plus à l'hémione qu'à l'espèce maternelle ; il a la robe, la physionomie, le port, les proportions de la première ; il en a la tête de forme gracieuse, les oreilles, les yeux, les naseaux, l'encolure, la croupe, la queue, les pieds. Cette fois, l'espèce asine a perdu la prééminence si remarquable qu'elle possède relativement à celle du cheval.

Les neuf hybrides que Buffon obtint de l'accouplement du bouc avec la brebis, avaient plus de rapport avec l'espèce du père qu'avec celle de la mère. Ces neuf hybrides, dont sept étaient mâles, avaient les poils bruns, longs et rudes du bouc, surtout sous le ventre, près du fourreau et aux pieds de derrière. Le chanfrein était moins arqué et la queue plus courte, et les membres plus longs que chez les moutons. Ils avaient quatre mamelons, deux de chaque côté.

Les hybrides du chacal et de la chienne, obtenus par M. Flourens, ont, comme les animaux sauvages, un poil laineux et un poil soyeux. L'un d'eux est gris fauve comme le père ; les deux autres ont le pelage noir, tirant sur celui de la mère. Ils ont les allures brusques, farouches. Leur première dentition marche plus vite que celle des petits chiens.

Les hybrides parmi les oiseaux ont tantôt plus de ressemblance avec le père et tantôt plus avec la mère. Ils offrent généralement un mélange des caractères propres aux ascendants. Un hybride de cygne mâle et d'oie, observé par F. Cuvier, avait plus d'analogie avec sa mère qu'avec les cygnes ; il devint plus gros que l'oie.

C'est d'après les rapports de taille, de conformation, d'énergie et de caractère entre les mulets et leurs ascendants, qu'on a voulu, à l'exemple de Buffon, formuler l'influence du père et de la mère sur le produit de la conception. D'une part, c'est parce que le mulet ressemble à l'âne, son père, par l'ensemble du corps, et surtout par la forme de la tête, des membres antérieurs, par l'absence de la crinière, que l'on attribue au mâle la faculté de donner la conformation générale, et en particulier celle des parties antérieures. D'autre part, c'est parce que le mulet arrive à une taille très rapprochée de celle de la jument, qu'on regarde la mère comme donnant le volume du corps, l'aptitude à se nourrir et à se développer. Enfin, c'est en raison de la rusticité, de la vigueur, de la résistance du mulet, qu'on suppose au père la faculté de donner la force et l'énergie. Un parallèle un peu minutieux entre les caractères des diverses sortes de mulets et ceux de leurs ascendants, puis entre les animaux d'une espèce quelconque et leurs producteurs, prouve que les formules données sur l'influence particulière du mâle et de la femelle sont loin d'être exactes, ou au moins qu'elles sont trop absolues et ne peuvent être généralisées.

En effet, si nous considérons d'abord les mulets solipèdes, nous voyons que si le proprement dit ressemble à l'âne, son père, par les formes d'ensemble, par

celles de la tête, de la crinière, du dos, de la queue, des membres, des pieds, le bardeau qui, en somme, ne diffère pas beaucoup du mulet, ressemble à l'ânesse, sa mère, par un très grand nombre de parties, la tête et la crinière exceptées. Donc, s'il est vrai que le premier tienne ses formes de son père, il ne l'est guère moins que le second les tienne de sa mère, et si les ascendants impriment leur conformation aux parties antérieures du corps, ils le font à peu près de même pour les parties postérieures. Par conséquent, ce que le père donne au mulet, la mère le donne aussi, ou à peu près, au bardeau. En second lieu, si le mulet emprunte à l'âne la constitution particulière, la force, la vigueur, le caractère, le bardeau emprunte les mêmes choses à l'ânesse, car sous le rapport de la constitution, de la force, etc., les deux hybrides se ressemblent plus encore qu'au point de vue des formes extérieures; enfin, si le mulet emprunte sa taille à sa mère, pourquoi n'est-il pas aussi grand qu'elle? et si le bardeau tient cette taille ou le volume du corps de la sienne, pourquoi est-il plus grand qu'elle? Il suffit de s'arrêter un peu sur le résultat de ce parallèle entre le produit de l'âne et de la jument et celui de l'ânesse et du cheval, pour voir que les formules exprimant l'influence du mâle et de la femelle sont loin d'être rigoureuses. Si elles ne sont pas vraies dans ce cas particulier, comment peuvent-elles être considérées comme l'expression d'une loi générale, surtout en ce qui a trait, non plus aux produits issus d'animaux d'espèces différentes, mais à ceux des animaux de même espèce?

La question de l'influence du mâle et de la femelle sur leurs produits est donc une question à remettre à l'étude, car elle ne peut recevoir, en thèse générale, la solution indiquée par Buffon et acceptée depuis par tous les auteurs. On pourra aisément la résoudre en rapportant chaque caractère des produits à celui de leurs ascendants qui le possède; et cela, en considérant les produits naturels du croisement des races, de même que ceux qui peuvent provenir du croisement des espèces voisines. Les données recueillies jusqu'ici par l'observation sont déjà de nature à fixer les points principaux de cette solution. Indiquons rapidement les plus remarquables en ce qui concerne les formes, la taille, le sexe, la constitution, la force, le caractère du produit.

Relativement à l'ensemble de la conformation et aux détails des formes, le produit ressemble tantôt au mâle, tantôt à la femelle; le plus souvent il ressemble aux deux, mais plus à l'un qu'à l'autre. Tout le monde a remarqué que, dans une même famille, il est des enfants qui ressemblent d'une manière frappante à leur père, et d'autres, au contraire, qui ressemblent à leur mère. Le mulet ressemble surtout à son père et le bardeau à sa mère. La chienne terrière dont j'ai déjà parlé, et qui fut couverte par un lévrier, mit bas deux terriers et deux lévriers. Il n'est pas rare de voir une chienne fécondée par un chien d'une autre race donner à la fois et des chiens semblables à elle et des chiens rappelant la forme et la race de leur père. Il en est de même pour le cheval, d'après Hartmann et d'autres hippologues. C'est principalement par les mâles qu'on cherche à maintenir ou à perfectionner les races; mais c'est surtout par les juments que les Orientaux croient conserver la belle race arabe.

Sous le rapport de la taille, les produits tiennent, soit du père, soit de la mère, ou des deux, mais plus de l'un que de l'autre. La stature du mulet se rapproche beau-

coup de celle de la jument ; la taille du bardeau tire quelque chose de celle du cheval, puisqu'elle est supérieure à celle de l'ânesse. Très souvent et chez divers animaux, les mâles de grande taille donnent des produits dont le volume devient supérieur à celui de la mère. En faisant couvrir les vaches de petite race par des taureaux de grande race, on augmente la taille des produits, et souvent au point de rendre la parturition très laborieuse, notamment chez les femelles qui portent pour la première fois. Les petites chiennes couvertes par les dogues, les chiens de Terre-Neuve, meurent souvent sans pouvoir mettre bas les fœtus, dont le volume dépasse les dimensions du bassin de la mère.

Par la robe, l'état des poils, des crins, et des autres productions épidermiques, le produit tient indistinctement de l'un de ses ascendants ou des deux à la fois. Le métis du blanc et du nègre est mulâtre. « Les poulains provenant de deux chevaux de différents poils ont, dit Hartmann, presque aussi souvent le poil de la mère que celui du père, et il n'est pas rare qu'ils héritent du père une partie de leur robe et l'autre partie de la mère. » L'hybride du zèbre ou du dauw avec une femelle solipède est marqué de longues bandes noires comme son père. Le métis d'hémione et d'ânesse a la robe paternelle. Il n'est pas rare de voir la robe des veaux reproduire d'une manière frappante celle du taureau. Dans une portée de chiens ou de chats, une partie des petits ont la robe du père, l'autre celle de la mère. Des souris blanches accouplées avec des grises, ont donné des petits blancs et d'autres gris, mais pas de robes mélangées. Des trois produits d'un chacal avec une chienne, l'un avait le pelage gris fauve du père, l'autre le pelage noir de la mère. L'un des hybrides du bouc et de la brebis, obtenu par Buffon, avait le pelage brun du père. Les taches de noir ou de blanc, si petites qu'elles soient, sur une robe uniforme, passent aux descendants. On a remarqué même que chez les chevaux, elles deviennent habituellement toujours plus grandes, de génération en génération, au point de donner des robes pies. Chose singulière, les taches des muqueuses donnent aux produits des taches à la peau, comme les anciens l'avaient observé sur le bélier (1). La nature, la longueur, la finesse des productions pileuses se transmettent par l'un des ascendants. C'est surtout du bélier que les agneaux tirent la finesse de la laine, la beauté de la toison. Le mulet a le poil court et ras de sa mère sans en avoir la crinière ; le bardeau a le poil et la crinière de son père ; les métis de bouc et de brebis ont le poil droit, rude et grossier du père ; ceux de chacal et de chienne avaient, comme je l'ai rappelé, le deux poils du père, le laineux et le soyeux. L'aspect, la forme, la couleur, la constitution des productions cornées tiennent des deux ascendants, dans certains cas plus de l'un que de l'autre : le mulet a le pied et les chataignes de son père ; le bardeau a le pied et les chataignes de sa mère. La forme des cornes si caractérisée dans certaines races ; leur volume, leur couleur se transmettent principalement par les mâles. En employant à la reproduction les animaux qui ont ces parties à l'état rudimentaire et ceux qui en manquent, on

(1) Si sa langue à tes yeux offre quelque noirceur,
A l'époux du troupeau choisis un successeur ;
Au lieu de rappeler la blancheur de sa mère,
L'enfant hériterait des taches de son père.

DELILLE, *Géorg.*, livre III.

finit par créer des races sans cornes, comme on l'a vu pour l'espèce du bœuf, et comme on le voit tous les jours pour celle du mouton. On sait que c'est seulement dans certaines races, celle de Barbarie entre autres, qu'on voit des moutons à quatre cornes dont parlent Oppien, Peyer et divers naturalistes.

Le sexe des produits paraît, d'après les observations de A. Leroy et celles de Girou de Buzareingues (1), dépendre de la prépondérance de l'un des reproducteurs dans la fécondation. Lorsque le mâle est adulte, bien constitué, plein de vigueur, il donne plus de petits de son sexe que de l'autre. J'ai, en ce moment, une chienne de chasse déjà vieille, qui, ayant été couverte par un énorme chien de Terre-Neuve d'un an, a mis bas six mâles, ressemblant tous à leur père. De même, quand la femelle est d'une constitution plus robuste que le mâle, elle donne plus de produits de son sexe que de celui du père. Ainsi, les brebis qui approchent de l'âge adulte, qui sont vigoureuses, bien nourries, donnent un nombre d'agnelles très supérieur à celui des agneaux. Au contraire, les brebis trop jeunes, mal constituées, affaiblies, épuisées, malades, laissent prédominer l'influence du bélier et donnent plus d'agneaux que d'agnelles. Les brebis adultes saillies par des béliers de même âge et de même force qu'elles, produisent sensiblement autant de mâles que de femelles.

La vigueur, l'énergie, la solidité de la constitution, la rusticité tiennent des deux ascendants, mais principalement du père. Tout le monde sait que les mâles trop jeunes, ceux qui sont épuisés par les fatigues de la monte, donnent des produits souvent mous, débiles, plus disposés à l'engraissement que propres au travail. Au contraire, les mâles vigoureux, appartenant aux belles races orientales; ceux qui ont déployé beaucoup d'énergie dans les courses, transmettent à leurs produits leur vivacité et leur force. Souvent aussi la femelle partage cette influence avec le mâle, car si le mulet tient de l'âne, son père, l'énergie de la constitution et une rusticité remarquable, le bardeau tient de l'ânesse, sa mère, les mêmes qualités.

Le naturel, le caractère, les instincts, l'intelligence, les aptitudes diverses, dérivent encore de l'un ou de l'autre des ascendants, et principalement du père. Le mulet est irascible, têtu, comme son père ; le bardeau l'est aussi, comme sa mère. Des deux hybrides obtenus par de Spontin, du chien braque avec la louve, le mâle avait le naturel du loup, la femelle celui de la chienne. Pallas et Valmont-Bomare ont vu des hybrides de chien et de loup, sauvages, farouches, hurleurs comme les loups. Dans certains cas, ces hybrides avaient, au contraire, la douceur et la sociabilité du chien. Les métis du chacal et de la chienne ont les allures brusques et farouches de leur père. On sait que les animaux méchants, mâles ou femelles, comme ceux qui sont souples et dociles, donnent des produits qui leur ressemblent fort souvent sous ce rapport. L'histoire nous montre des exemples de personnages qui ont hérité du caractère pacifique, de la bonté ou des instincts despotiques et de la cruauté de leurs ascendants. Mais rien n'indique que la faculté de transmettre ces dispositions appartienne exclusivement à l'un des deux sexes.

La conformation, la robe, la taille, la constitution, le naturel et les diverses aptitudes des animaux, dérivent souvent, en partie, des générations antérieures. C'est

(1) *De la génération*. Paris, 1828, p. 153.

une notion vulgaire que les enfants ressemblent quelquefois plus à leur aïeul ou à leur aïeule qu'à leur père ou à leur mère. Il n'est pas rare, suivant la remarque de Hartmann, de voir des poulains dans lesquels reparaissent les beautés et les caractères, en apparence éteints dans le père, et qui avaient distingué le grand-père ou la grand'mère. Girou a vu reparaître dans les poulains mâles le poil de leur aïeul, et dans les femelles celui de leur aïeule, qu'on ne trouvait ni au père ni à la mère. Les agneaux issus de reproducteurs parfaitement blancs, présentent parfois des taches noires que portaient les générations antécédentes. Il n'est pas rare de voir renaître sur les produits de nos animaux domestiques des défectuosités, des tares, qui avaient épargné une et même deux générations. Dans notre espèce, certaines maladies, certaines prédispositions demeurées latentes chez une génération, reprennent leur empire à la génération suivante.

Enfin, il paraît que certaines ressemblances de conformation et de pelage tiennent à l'influence des mâles qui auraient couvert une femelle à une portée antérieure. On cite une jument arabe qui, ayant produit un mulet, après avoir été saillie par un couagga, fit dans la suite plusieurs poulains dont la robe était marquée de bandes noires comme celles du solipède sauvage. Les brebis blanches qui ont été une première fois couvertes par un bélier noir, donnent, d'après M. Magne (1), lorsqu'elles sont ensuite fécondées par des mâles blancs, des agneaux pies ou ayant les paupières, les lèvres et les jambes noirâtres. Si le mâle peut réellement, en fécondant une femelle, exercer une action sur les œufs encore incomplétement développés que contient l'ovaire et qui serviront aux gestations ultérieures, cette influence est bien difficile à concevoir.

La part d'influence que chacun des reproducteurs exerce sur le produit de la conception est donc complexe et multiple, puisque pour chacun, elle porte sur la taille, les formes, le pelage, la constitution, la vigueur, le naturel et les diverses aptitudes des animaux, c'est-à-dire à la fois sur la partie matérielle de l'organisme et sur ses manifestations dynamiques. Cette influence peut s'exercer dans toute sa plénitude, s'accroître, diminuer ou se modifier suivant plusieurs circonstances.

La première des conditions qui donnent à un animal la faculté de transmettre sûrement ses caractères à ses descendants, c'est qu'il appartienne à une race constituée et aussi ancienne que possible. L'empreinte que portent l'organisation et les facultés de chaque être vivant, pour être stable, pour avoir de la durée, doit être fixée déjà depuis une série de générations. Sans cela, elle ne représente pas un type permanent ; elle est fugace, éphémère ; elle se transmet difficilement et s'efface par l'action des moindres causes. En effet, c'est avec une constance remarquable que, dans les races humaines des différentes parties du globe, les caractères de ces races se perpétuent de génération en génération. C'est avec une fixité non moins évidente, sans être aussi absolue, que les races domestiques de chevaux, de bœufs, de moutons, se maintiennent avec leurs attributs. Dans les contrées où l'on n'a pas l'habitude de croiser ces races avec des races étrangères, leurs beautés ou leurs défauts se conservent et se transmettent avec une égale sûreté. Il n'y a, sous ce rapport, aucun privilége en faveur des formes gracieuses et des aptitudes

(1) *Hygiène vétérinaire appliquée*. Paris, 1844, t. I, p. 206.

que l'homme a intérêt à conserver et à étendre. Les races les moins favorisées de la nature, si elles sont abandonnées à elles-mêmes, se conservent intactes au même titre que les races les mieux partagées sous tous les rapports ; la pureté des unes se perpétue comme celle des autres, car suivant la remarque judicieuse de M. Huzard, toutes les races non croisées, non mélangées, sont pures, les plus communes, les plus grossières aussi bien que les plus distinguées. La qualification de race pur-sang, donnée par les hippologues au cheval oriental et au coursier anglais, est incontestablement une épithète vide de sens en physiologie.

Les animaux qui se reproduisent lèguent donc à leurs descendants l'empreinte de leur race en même temps que celle qui leur est particulière. Ils transmettent aux êtres qu'ils procréent le type dont ils sont des représentants plus ou moins fidèles. Ils tendent à l'embellir s'ils en réunissent les attributs les plus parfaits ; ils tendent, au contraire, à le faire dégénérer ou à le dégrader s'ils en possèdent un certain nombre de défauts ou d'imperfections. Cette empreinte, cette forme typique est si vivace dans quelques espèces qu'elle se conserve même dans les races dont le mélange s'opère très souvent. Ainsi, n'est-il pas étonnant que, dans l'espèce du chien, dont tous les individus s'accouplent entre eux depuis des siècles, on distingue encore un grand nombre de types nettement caractérisés, ceux du dogue, du mâtin, de l'épagneul, du basset, du lévrier, etc. Quand on songe à la variété et à la fréquence des alliances entre ces divers types, on se demande comment il se fait que l'espèce tout entière ne soit pas exclusivement représentée par ce produit mixte, si heureusement appelé par Buffon le chien des rues, produit sans race particulière, parce qu'il dérive du mélange de toutes les races.

La tendance à la transmission du type de la race par les reproducteurs qui appartiennent à celle-ci, est tellement naturelle et conforme aux lois de l'hérédité que, dans les croisements qui ne sont pas poursuivis très longtemps, on voit bientôt après quelques générations les produits reprendre peu après les caractères de la race que l'on se proposait de modifier ; et ils reprennent d'autant plus vite ces caractères que les influences extérieures agissent dans le sens de l'hérédité.

L'influence des reproducteurs est aussi profondément modifiée par l'âge, l'état de la constitution et la vigueur du sujet. On a remarqué que les animaux très jeunes, mâles et femelles, alliés ensemble, n'ont pas dès la première fois des descendants aussi grands, aussi robustes que ceux qu'ils donnent dans la suite. Girou de Buzareingues a constaté que les béliers très jeunes accouplés avec des brebis adultes et vigoureuses, laissaient à celles-ci une prédominance traduite par une production numérique de femelles supérieure à celle des mâles. Au contraire, l'union du bélier dans la force de l'âge avec des femelles vieilles, débiles ou malades, a, d'après lui, pour résultat, de donner plus de mâles que de femelles. En général, un reproducteur imprime d'autant plus facilement et plus sûrement les caractères de sa race et ses qualités particulières, qu'il a plus de vigueur et d'énergie. La prééminence est pour le mâle s'il se trouve le mieux dans ces conditions ; elle est pour la femelle dans le cas contraire : aussi, les jeunes animaux ressemblent-ils à celui de leurs ascendants qui emprunte sa prééminence à l'âge, à l'énergie de la constitution, etc.

La transmission des caractères des espèces et des races par la génération est donc

un phénomène constant qui a des lois fixes, invariables. C'est cette transmission héréditaire qui assure la perpétuité et l'immutabilité des espèces ; c'est elle encore qui assure la conservation des races dans les limites tracées par les causes extérieures dont l'action permanente s'exerce sur les animaux. Cette transmission portant à la fois sur les qualités et les défauts, l'espèce et la race tendent également l'une et l'autre à conserver leurs caractères distinctifs.

L'observation démontre, en effet, que les races humaines, aussi bien que les races animales, tiennent de l'hérédité le principe de leur conservation indéfinie à travers les siècles. La race blanche, qui a toujours tenu le premier rang de la civilisation, la race mongolique, la nègre, ne se perpétuent-elles pas avec une fixité presque aussi grande que celle qui appartient aux espèces elles-mêmes ? La race arabe, parmi les races équestres ; les principales races de chiens, malgré la facilité et la fréquence de leurs croisements fortuits, ne conservent-elles pas la forme typique, l'empreinte plus ou moins accentuée qui les caractérise ? Dans chaque pays ne voit-on pas ces petites races de bœufs, de moutons, de porcs, confinés dans la circonscription étroite d'une province, se propager, se multiplier avec leur physionomie particulière ? Ne reconnaît-on pas au premier coup d'œil, le bœuf auvergnat, le charolais, le normand, le breton ; le mouton flamand, celui du Berry, de la Sologne ? Et cependant, ces types ne sont-ils pas soumis à l'influence d'une foule de causes qui tendent à les modifier et à les fusionner ? Ils ne se conservent pas moins, et ils se conserveraient mieux encore si les éleveurs ne cherchaient par mille moyens à les modifier, à les perfectionner, c'est-à-dire à les mettre en rapport avec les exigences de l'époque.

Les races n'ont par elles-mêmes aucune tendance ni au perfectionnement ni à la dégénération ; elles tendent à se maintenir telles qu'elles sont, à conserver l'empreinte caractéristique qu'elles ont reçue du temps, des influences extérieures et de la domesticité ; aussi, lorsque, par le croisement, on infuse à une race un sang étranger, elle se modifie bien momentanément dans de certaines limites ; mais si l'on ne continue pas ces alliances avec persévérance, bientôt la race que l'on voulait modifier revient peu à peu à son type primitif. C'est pourquoi sont devenus infructueux tant d'essais d'améliorations de nos races domestiques par des croisements temporaires avec des races exotiques plus belles ou mieux appropriées à nos besoins.

Pourtant, à en croire Buffon et les hippologues qui ont, pour la plupart, adopté ses idées sur ce point, les races domestiques auraient une tendance à la dégénération ; elles dégénéreraient de même que les espèces sauvages. La dégénération serait une nécessité fatale à laquelle tout serait soumis dans le règne organique, les plantes et les animaux.

Ainsi, d'après l'illustre naturaliste, chaque espèce sauvage subissant, dans de certaines limites, l'action des influences extérieures, se modifierait plus ou moins et se dégraderait à mesure qu'elle s'écarterait des conditions dans lesquelles la nature l'a appelée à vivre. « Le sanglier, dit-il, a pris en Guinée des oreilles longues et couchées sur le dos ; à la Chine, des jambes courtes et un ventre pendant. Le cerf, dans les localités montueuses et sèches, a perdu la moitié de sa taille et pris un pelage brun ; dans les contrées froides et humides, sa taille s'est élevée et son

pelage est devenu d'un brun noirâtre. Ces espèces n'auraient pas seulementé prouvé les légers changements qui donnent lieu à des races distinctes, elles auraient encore pu subir une dégénération plus ancienne et plus profonde, de laquelle seraient résultées des espèces nouvelles plus ou moins éloignées des types primitifs, qu'il appelle les souches principales et communes. Parmi les ruminants, ceux qui portent des bois sembleraient dériver de l'élan, dont il fait la tige majeure. Parmi les ruminants à cornes, le mouflon, le bouquetin, le chamois, l'antilope, seraient des tiges principales dont seraient issues une trentaine d'espèces analogues. Quelques espèces propres au nouveau continent, dérivent d'une dégénération très profonde et très ancienne éprouvée par les espèces de l'ancien continent : le pecari serait une espèce issue de la souche du cochon ; le jaguar, l'ocelot, auraient probablement avec la panthère une origine commune.

Les races domestiques seraient encore, d'après lui, plus évidemment le résultat de la dégénération d'espèces créées entièrement libres. Par l'action combinée du climat, de la nourriture et des peines inhérentes à la servitude, le prototype de chaque espèce se serait plus ou moins modifié ; il se serait perfectionné à certains égards et vicié à d'autres; mais il ne se serait pas moins dénaturé, car, selon lui, se perfectionner ou se vicier est la même chose relativement à la nature.

Ainsi, d'après lui, le mouflon grand et léger, armé de cornes résistantes, couvert d'un poil rude, qui lui permet de supporter les intempéries de l'air, doué d'une agilité qui le dérobe à la poursuite de ses ennemis, est d'une force considérable; le mouflon, en devenant domestique, a perdu sa force, son agilité, sa rusticité; son pelage grossier s'est changé en une fine toison; il s'est transformé en cette brebis faible, incapable de subsister et de se conserver sans la protection de l'homme, sans la nourriture et les abris qu'il lui donne.

Le chien s'est modifié encore à un plus haut degré. Sa peau est nue dans les climats chauds; elle est couverte d'un poil rude dans les pays du Nord, et d'une sorte de laine soyeuse sous d'autres latitudes. Sa taille présente tous les intermédiaires entre celle d'un très petit chat et celle d'un lion. Ses oreilles, demeurées droites dans le chien-loup et le chien de berger, sont devenues longues et pendantes dans les races le plus profondément modifiées; il est rusé, muet, avec les peuplades non civilisées; il a pris l'habitude d'aboyer en devenant domestique et a perdu cet aboiement en redevenant sauvage dans certaines parties du nouveau monde. Ses aptitudes, ses instincts, ont pris des caractères extrêmement diversifiés, en rapport avec la destination que l'homme voulait donner à cet animal si souple.

Les solipèdes, et le cheval en particulier, auraient aussi éprouvé une dégénération marquée à mesure qu'ils se seraient répandus loin de leur patrie primitive. L'hémione, que Buffon connaissait mal, pourrait, selon le grand naturaliste, n'être qu'une espèce mixte dérivée du croisement de l'âne avec le cheval, un mulet apte à se reproduire, et probablement celui dont Aristote avait signalé l'antique fécondité. Le zèbre, si remarquable parmi les animaux de ce groupe par la disposition des bandes noires et fauves de sa robe, pourrait bien, selon lui, avoir une même origine hybride. Enfin, l'âne lui-même, dont l'organisation et les formes se rapprochent tant de celles du cheval, ne serait-il pas un cheval dégénéré?

Mais Buffon, après avoir développé son hypothèse de la dégénération d'une

espèce pour former une autre espèce, et d'une espèce pour donner naissance à un certain nombre de races, se met en contradiction avec lui-même et prend soin de se réfuter victorieusement. Il voit bien qu'en admettant que si une seule espèce eût été produite par la dégénération d'une autre, il faudrait accorder à la nature une puissance illimitée, et admettre que, d'un seul être, elle a pu, à la longue, tirer tous les autres êtres vivants. En se rappelant qu'un hybride est, suivant ses propres expressions, un être vicié, dénaturé et stérile, il sent que cet être ne peut devenir souche féconde d'une espèce nouvelle. Enfin, il ajoute que les premiers individus de chaque espèce sont sortis des mains du Créateur tels, ou à peu près, qu'ils nous sont aujourd'hui représentés par leurs descendants, et que, d'ailleurs, depuis Aristote, on n'a pas vu paraître d'espèce nouvelle, malgré le mouvement rapide qui rassemble ou disperse les particules de la matière; malgré le nombre infini de combinaisons qui ont dû se faire pendant ces vingt siècles, malgré les accouplements fortuits ou forcés des animaux d'espèces éloignées ou voisines dont il n'est jamais résulté que des individus viciés et stériles, n'ayant pu faire souche pour de nouvelles générations.

Ainsi d'après Buffon, abstraction faite de ses contradictions, tout dans la nature aurait de la tendance à dégénérer et dégénérerait : la dégénération serait tantôt une altération, tantôt un perfectionnement du type primitif; l'espèce, en se modifiant, donnerait naissance aux races, et peut-être même à des espèces nouvelles. Enfin, les races une fois constituées, seraient, ainsi que les espèces auxquelles elles appartiennent, soumises à la grande loi de la dégénération. En d'autres termes, il y aurait trois sortes de dégénérations, l'une par laquelle les espèces primitives produiraient de nouvelles espèces; une autre par laquelle l'espèce, en se modifiant, donnerait naissance aux races, et une autre encore qui consisterait dans la viciation ou l'altération progressive et continue de ces races. Or, de ces trois variétés, la première est purement imaginaire; la seconde n'est point, à proprement parler, une dégénération; la troisième, seule, est réelle dans de certaines limites.

En effet, on ne saurait nier qu'une race quelconque, dans une des espèces domestiques, ne soit susceptible de modifications. Toutes les races peuvent dégénérer comme elles peuvent se perfectionner. Elles se perfectionnent par les soins apportés à l'appareillement des reproducteurs, par une amélioration dans le régime et les diverses conditions d'existence; elles dégénèrent dès qu'on ne veille plus à ce que la reproduction soit confiée aux types les plus parfaits et dès que les conditions d'existence deviennent de plus en plus mauvaises. Les races se modifient dans ces deux sens sous l'influence de causes extérieures; mais elles n'ont par elles-mêmes aucune tendance, ni au perfectionnement, ni à la dégénération, et elles se conservent sans altération tant que les conditions auxquelles elles doivent leur individualité et leurs caractères n'éprouvent aucun changement. Si nos belles races françaises de chevaux et de bœufs ont en partie perdu les qualités et les caractères qu'elles possédaient, dit-on, anciennement, c'est que ces races, jadis isolées dans leurs circonscriptions, ont été mêlées à mesure que les communications de province à province devenaient plus faciles et qu'on a donné de l'extension à la pratique des croisements; c'est que les besoins toujours croissants d'une population qui se multiplie ont rendu la condition des animaux plus pénible et leur alimentation souvent plus misérable, malgré

s perfectionnements de l'agriculture et l'extension des prairies artificielles. C'est ces changements apportés aux conditions d'existence de nos races, et non à une étendue tendance à la dégénération, qu'il faut attribuer les modifications qu'elles nt déjà éprouvées et celles qu'elles paraissent disposées à subir encore par la ite.

S'il est vrai que les races n'aient par elles-mêmes aucune tendance ni au perfec-nnement ni à la dégénération, elles pourront se conserver avec leurs caractères nt que les conditions sous l'influence desquelles elles se sont créées et perpétuées steront les mêmes. Par conséquent, une race se conservera dans ses conditions rmales, pourvu qu'on destine seulement à la reproduction ses types les plus par-its. Elle se modifiera en divers sens ; elle se transformera, elle donnera même issance à une race nouvelle si l'on change les conditions premières d'existence, si n emploie exclusivement à la reproduction les individus jouissant d'aptitudes parti-lières plus ou moins exceptionnelles, et si aussi, on mêle au sang de cette race n sang étranger. Examinons donc les deux moyens qui conduisent à ces résultats, appareillement et le croisement.

L'appareillement ou l'alliance entre des individus choisis et appartenant à la ême race, doit être subordonné à des règles qui ont reçu le contrôle de l'expé-ence, règles qui fixent approximativement les rapports de taille, de conformation, 'âge et d'aptitudes entre les reproducteurs des deux sexes.

Relativement à la taille, on peut allier des femelles avec des mâles plus grands u plus petits qu'elles, pourvu que la disproportion ne soit pas très considérable. Il a avantage à employer des mâles plus grands que les femelles toutes les fois qu'on ent augmenter la taille des produits ; mais il est des limites qu'il convient de ne es dépasser afin d'obtenir des animaux bien conformés et de ne pas rendre le art laborieux ou impossible. Cline a fait remarquer que les mâles de grande taille liés à des femelles plus petites qu'eux, engendraient des produits auxquels la ère donnait un espace trop étroit et des matériaux insuffisants à leur complet développement fœtal ; mais il a exagéré les inconvénients d'une disproportion même assez restreinte, car on voit tous les jours dans l'espèce du bœuf et dans elle du chien des femelles couvertes par des mâles d'une taille très supérieure à la eur, mettre bas sans trop de difficultés des petits bien constitués, d'une belle con-ormation, et susceptibles de se rapprocher beaucoup des proportions du père, ourvu qu'ils reçoivent une abondante nourriture pendant la durée de leur déve-oppement.

Eu égard à la conformation, il faut choisir dans la race que l'on veut conserver es types les plus parfaits, ceux qui en réunissent le mieux tous les caractères. Il mporte de s'attacher surtout aux mâles puisqu'ils peuvent transmettre leurs qua-ités à une foule de produits, tandis que la femelle communique les siennes seule-ment à un très petit nombre de ces derniers. Quand l'un des reproducteurs a quelque chose de défectueux dans les formes, il faut, suivant les anciens préceptes, « chercher à réparer les imperfections de l'un par les perfections opposées de l'autre. » Il faut mettre en opposition la tête légère avec la tête lourde, l'encolure courte avec l'encolure trop longue, les pieds étroits et même un peu resserrés avec les pieds larges. Néanmoins, comme il peut arriver que l'un des deux re-

ayant une influence prédominante, donne à ses descendants les formes exagérées ou les défauts par lesquels on voulait neutraliser certains vices de l'autre, il vaut mieux encore opposer à un reproducteur défectueux à certains égards, un reproducteur bien conformé, aussi parfait que possible. On suit ainsi une règle beaucoup plus physiologique et plus sûre que celle des contrastes.

Lorsqu'il s'agit de corriger plusieurs défauts des animaux reproducteurs et de transmettre à leurs produits diverses qualités, on ne doit pas, dit-on, s'attaquer à tous ces défauts à la fois et chercher à imprimer simultanément toutes ces qualités; il faut d'abord combattre le vice le plus saillant et le plus préjudiciable, puis un autre quand le premier aura disparu, et ainsi de suite; de même en ce qui a trait aux perfectionnements à réaliser, aux qualités à transmettre, il convient, ajoute-t-on, de chercher à les obtenir successivement, un à un. Mais c'est encore là une règle trop absolue. On peut en même temps corriger les défectuosités de la tête, du tronc et des membres, amincir l'encolure, élever le garrot, élargir la poitrine, régulariser les aplombs. Seulement, certaines qualités qui ne sont point très compatibles entre elles, ne sauraient s'obtenir parallèlement. L'expérience a démontré qu'il n'est guère possible de donner de la finesse à la toison des bêtes à laine et de rendre leur chair savoureuse, de communiquer aux bêtes bovines une grande aptitude à l'engraissement, avec une grande activité dans la sécrétion du lait. A part ces perfectionnements plus ou moins incompatibles les uns avec les autres, la plupart étant corrélatifs, peuvent être obtenus parallèlement; aussi est-il beaucoup plus avantageux de chercher à les réaliser collectivement, ou du moins en grande partie, que d'employer la méthode opposée, toujours très longue.

Lorsqu'on allie avec persévérance des animaux de même race présentant des formes ou des qualités qu'il est avantageux de conserver et d'exagérer, on finit, au bout d'un certain nombre de générations, par rendre constants et héréditaires des caractères primitivement accidentels; on crée des races nouvelles, dont la fixité ne tarde pas à être acquise. C'est ainsi que Backwell et d'autres éleveurs habiles, ont façonné ces belles races de bœufs et de moutons si remarquables par leurs formes, leur précocité, leur aptitude à l'engraissement et la grande proportion de chair qu'elles fournissent.

Dans ce dernier cas, il y a alliance entre des parents rapprochés, entre l'ascendant et le descendant, entre le frère et la sœur. Ces unions consanguines, que la morale et les lois prohibent dans notre espèce, ne sont point, pour les animaux, contraires aux vues de la nature; elles permettent à des races précieuses de se conserver pures, avec tous leurs caractères, pourvu qu'on ait le soin d'écarter de la reproduction les sujets défectueux, mal constitués, et ceux qui s'éloignent sensiblement du type à perpétuer. L'expérience a depuis longtemps démontré, notamment en ce qui concerne les belles races anglaises, que la consanguinité, au lieu d'amener la dégénération et la dégradation progressive des races, était un excellent moyen de les conserver et d'en créer de nouvelles. Les alliances consanguines n'ont de fâcheux résultats que dans les cas où on laisse se reproduire entre eux des animaux défectueux, et dans ceux où la race qui se perpétue par elle-même est soumise à l'action des causes qui tendent à la faire péricliter.

L'appareillement ou l'alliance des animaux de choix, appartenant à la même race,

constitue donc le moyen le plus simple et le plus naturel, non-seulement de conserver les races, mais encore de les perfectionner et d'en créer de nouvelles. Le croisement ou l'alliance entre des reproducteurs de races différentes, est un second moyen très expéditif, à l'aide duquel on communique à une race des qualités ou des aptitudes qu'elle n'a pas. Par le secours de celui-ci, la race que l'on se propose de modifier est, ou simplement améliorée, ou transformée en une race mixte plus ou moins rapprochée de l'une des deux composantes.

Les règles du croisement, quoiqu'elles se déduisent des lois de l'hérédité et des résultats constatés par l'expérience, se réduisent à un très petit nombre de formules, qui doivent, dans de certaines limites, servir de guide aux éleveurs.

Lorsqu'on veut modifier une race commune et lui imprimer de nouveaux caractères, il faut toujours, et d'une manière absolue, choisir pour la régénérer une race aussi ancienne que possible, vigoureuse, bien conformée; puis rechercher dans cette race les qualités et les aptitudes que l'on veut communiquer à la première. Ainsi, il convient d'exiger de la race régénératrice une taille élevée, des formes élégantes, de la légèreté, de la vitesse dans les allures, une constitution énergique, une belle toison, une aptitude à l'engraissement et à la production du lait quand on veut augmenter le volume, régulariser la conformation, modifier la constitution molle de la race commune, rendre celle-ci, et suivant les espèces, apte à la course ou au travail, etc. Mais en cela, il importe de bien se fixer sur les caractères à donner au produit du croisement, car on ne saurait, par des combinaisons identiques, obtenir l'un et l'autre de ces deux résultats, savoir des produits se rapprochant autant que possible de la race type, ou des produits réunissant certaines qualités de l'une des races avec des qualités différentes appartenant à l'autre. Dans tous les cas, on doit se rappeler qu'une race choisie pour un croisement ne peut réunir toutes les qualités propres à l'espèce, car on ne voit jamais réunies sur le même animal les beautés disséminées sur plusieurs, pas plus qu'on ne trouve rassemblés sur un seul tous ces défauts, dont l'imagination des anciens hippiatres s'est plu à représenter dans les livres le monstrueux assemblage.

En second lieu, il faut, dans le croisement, déterminer la convenance réciproque des races que l'on allie entre elles, donner à une race déjà fine et légère la race la plus distinguée, mêler à celle qui doit rester massive une race plus ou moins étoffée. Il est évident que, dans l'espèce du cheval, ce qu'on appelle le pur sang ne convient point indifféremment à la régénération de toutes nos races et surtout des races communes de trait. L'expérience a démontré, au grand détriment des millions de l'État, que cette panacée universelle, si vantée par les haras, n'a donné souvent que de tristes résultats, quand elle n'a pas eu pour effet de dégrader nos bonnes races de travail.

Il ne suffit pas, sous ce rapport, de choisir des races qui se conviennent réciproquement, il importe de rechercher dans ces races les types les plus propres à conduire aux résultats attendus, et pour cela, il convient de prendre à la fois en considération les formes, la constitution, les diverses qualités : on s'exposerait à se tromper souvent si l'on se servait exclusivement, comme pierre de touche, d'une seule de ces qualités, la vitesse des allures par exemple. Ainsi on a peine à concevoir comment un cheval de course amaigri, taré et souvent d'une

conformation, puisse être un reproducteur précieux, parce que, sur un hippodrome, il aura parcouru un espace de 4 à 5 kilomètres en quatre à cinq minutes.

Enfin, il faut dans l'emploi et le choix des croisements prendre en grande considération le but que l'on se propose d'obtenir et les conditions dans lesquelles on se trouve. Il faut se rappeler que tous les genres de perfectionnements ne peuvent être obtenus à la fois ; que les combinaisons les plus habiles ne peuvent réunir des qualités qui s'excluent ; que les mêmes sortes de croisements ne sauraient indistinctement donner, ou des animaux de luxe, ou des bêtes de travail, ou des sujets éminemment propres, soit à la boucherie, soit à la production du lait.

Les résultats que l'on peut obtenir des croisements dirigés avec habileté, sont des plus remarquables. Par leur intermédiaire, on arrive très rapidement à augmenter la taille, à modifier la conformation, corriger les défauts des races indigènes, leur imprimer de nouvelles qualités et leur donner de nouvelles aptitudes. Ainsi, par eux, on élève dès la première et la seconde génération, la taille des produits, si l'on a une nourriture suffisante à leur donner ; on régularise et on embellit les formes presque immédiatement, tandis que, suivant la remarque de M. Magne, on n'arrive au même résultat, à l'aide de simples appareillements, qu'après plusieurs générations. Il est facile, en les employant judicieusement, de faire des animaux aptes à divers services, soit au gros trait, à la cavalerie, à la course ; de donner aux ruminants de la précocité, une grande propension à l'engraissement, à la production du lait, de changer un lainage grossier en une toison abondante et fine.

Mais pour réaliser de telles améliorations, il faut infiniment d'habileté et de tact dans le choix des races régénératrices, dans la détermination des limites auxquelles il convient de s'arrêter une fois que le croisement a produit les effets qu'il importait d'en obtenir. Les célèbres éleveurs qui, à eux seuls, ont eu plus de génie que des administrations séculaires, nous ont appris à quels étonnants résultats ces moyens pouvaient conduire. D'un autre côté, les mécomptes auxquels sont arrivés ceux qui ont agi sans principes et en dépit des lois déduites d'une expérimentation judicieuse, nous signalent les écueils à éviter dans l'art si complexe et si difficile du perfectionnement des animaux domestiques.

Le croisement est donc un moyen puissant, mais dangereux, qui améliore autant les races s'il est employé avec discernement qu'il les dégrade si son usage est intempestif. Il ne faut y recourir qu'avec ménagement et dans les cas où il est nécessaire. Ce serait un très grand tort de le considérer, avec Buffon et ses partisans, comme indispensable à la conservation des races. L'observation journalière démontre, contrairement à la théorie du savant naturaliste, que, sans le secours des croisements, plus d'une belle race dans l'espèce du cheval, dans celle du bœuf et du mouton, se conserve, sans éprouver de dégénération appréciable.

CHAPITRE LIV.

DU DÉVELOPPEMENT DE L'EMBRYON.

Nous avons vu précédemment suivant quel mode les deux éléments de la reproduction étaient élaborés, expulsés de leurs organes formateurs et mis en rapport l'un avec l'autre. Il faut maintenant rechercher les changements successifs par lesquels l'œuf fécondé donne naissance à l'embryon et suivre celui-ci dans toutes les phases de son développement. L'ordre naturel de cette étude nous conduira à examiner : 1° les premiers changements que l'œuf éprouve dans les trompes et dan l'utérus ; 2° la formation des enveloppes et des autres annexes du fœtus ; 3° l'évolution des divers appareils organiques et des tissus qui les composent.

I. DES PREMIERS CHANGEMENTS QUE L'ŒUF ÉPROUVE DANS LES TROMPES ET DANS L'UTÉRUS.

L'œuf parvenu à la maturité, sorti d'une vésicule ovarienne et reçu dans les trompes utérines, y subit, à mesure qu'il s'avance vers l'utérus, des changements très remarquables, mais fort difficiles à saisir.

Cet œuf, que quelques observateurs anciens, Malpighi, de Graaf, Vallisnieri, avaient cru reconnaître dans les oviductes chez la femme et plusieurs femelles de mammifères, présente d'abord à peu près les mêmes caractères que dans la vésicule de de Graaf au moment de sa rupture. Il a la même forme sphéroïdale, sensiblement le même volume ; il est encore constitué par la zone transparente ou membrane vitelline, par le vitellus ; seulement il ne présente plus de vésicule germinative et à sa surface extérieure adhèrent des granulations provenant du disque prolifère. La vésicule germinative, à laquelle Purkinje et de Baer avaient attribué un rôle important dans le développement du germe, a même déjà disparu au moment où l'œuf s'échappe de la vésicule : c'est par exception qu'elle s'est montrée encore intacte sur l'œuf descendu dans les trompes, et sa disparition a lieu aussi chez les ovipares avant que l'œuf se soit détaché de l'ovaire. Le vitellus s'est un peu condensé et il s'est accumulé entre lui et la zone transparente une petite quantité de liquide. Cette zone s'est légèrement gonflée ; les granulations qui étaient restées adhérentes à sa surface, s'en détachent, et il s'y dépose souvent une couche de matière visqueuse qui paraît représenter l'albumen de l'œuf des oiseaux. L'enveloppe albumineuse dont nous parlons est formée de plusieurs couches successives, entre lesquelles Bischoff a trouvé des spermatozoïdes morts, et souvent en nombre considérable.

A mesure que l'œuf descend dans la trompe de Fallope, le vitellus devient le siége d'une modification très remarquable qu'on appelle la segmentation vitelline. Vers la partie inférieure de ce conduit, alors que le vitellus apparaît comme un point blanc et opaque au centre de l'œuf entouré d'albumen, ce vitel-

former une masse homogène : il se divise, d'après Bischoff, d'abord en deux sphères, puis en quatre, en huit, en seize, de plus en plus petites. La scission s'opère assez lentement et paraît arriver à un degré qui n'est pas le même dans toutes les espèces. L'habile observateur que je viens de citer a trouvé dans la trompe d'une chienne qui avait reçu le mâle, cinq œufs, dont un avait le vitellus entier tandis que celui des autres était déjà divisé en deux parties. Chez une seconde chienne, l'une des trompes contenait quatre œufs, dont un avait le jaune divisé en deux parties et dont les trois autres avaient le leur partagé en quatre. L'autre trompe du même animal, enlevée vingt-quatre heures après l'ablation de la première, présentait trois œufs ayant leur jaune segmenté en plus de douze sphères. Le temps nécessaire à l'accomplissement de ce phénomène n'est guère susceptible d'une détermination exacte, car sur des chiennes couvertes depuis deux à trois jours, le vitellus était déjà réduit en vingt à trente-deux sphères, tandis que sur d'autres, couvertes depuis huit jours, il n'était encore partagé qu'en huit sphères.

La segmentation du jaune paraît être un phénomène très général dans les diverses classes d'animaux, car Prévost, Dumas, Rusconi, Reichert, et après eux beaucoup d'observateurs l'ont constaté dans l'œuf des batraciens, des poissons, des crustacés, des entozoaires, et même dans celui des polypes ; mais il n'a pas encore été reconnu, si ce n'est par M. Coste, dans le jaune de l'œuf des oiseaux : son mécanisme a été diversement interprété par les embryologistes. Schwann, à qui la science est redevable de belles recherches sur le développement cellulaire des tissus, considère l'œuf comme une cellule dont la vésicule germinative représenterait le noyau et le vitellus, le contenu au sein duquel se développeraient ultérieurement de nombreuses cellules. Reichert, qui partage à peu près les mêmes idées, ne voit dans le jaune qu'une série de cellules incluses les unes dans les autres. Le vitellus, avec sa membrane transparente, serait la cellule mère, renfermant deux cellules plus petites, qui deviendraient libres par la dissolution de la première ; les deux cellules, se dissolvant à leur tour, mettraient en liberté d'autres cellules plus petites encore, et ainsi de suite. Bischoff admet qu'après la dissolution de la vésicule germinative, la tache germinative se transforme en une vésicule graisseuse, bientôt divisée en deux portions, devenant chacune un centre autour duquel s'agglomèrent les globules vitellins ; puis ces deux masses primaires se divisent chacune en deux masses secondaires, et ainsi de suite, de telle sorte qu'en somme, il se forme successivement des cellules aux dépens des matériaux vitellins, et ces cellules, en se groupant suivant un certain ordre, entreraient dans la constitution des premiers rudiments embryonnaires.

Un second phénomène s'opère dans l'œuf dès que la segmentation du vitellus est achevée, c'est celui de l'apparition du blastoderme. Cette membrane nouvelle se développe à la face interne de la zone transparente par suite de la soudure des cellules les plus excentriques des différentes sphères vitellines ; mais nous reviendrons bientôt sur ce point avec quelques détails.

Enfin, d'après Bischoff, le vitellus, dans les premiers moments qui suivent la fécondation, éprouverait un mouvement rotatoire particulier, une sorte de torsion lente et continue, mouvement qui serait dû à des cils vibratiles de la surface externe du

jaune, et qui rappelleraient les mouvements de l'embryon observés dans l'œuf des invertébrés par Leeuwenhoek, Swammerdam et par d'autres micrographes de nos jours. Mais cette rotation du jaune, déjà mise en doute par Reichert, ne paraît avoir été vue par personne depuis qu'elle a été signalée sur l'œuf des mammifères.

La disparition des derniers restes du disque proligère demeuré adhérent à la surface de l'œuf, le dépôt à la circonférence de celui-ci, au moins dans quelques animaux, d'une couche albumineuse ; le gonflement de la zone transparente, la segmentation progressive du vitellus, et enfin, la formation du blastoderme, constituent l'ensemble des premiers changements que l'œuf subit après avoir quitté l'ovaire, et ces changements, il les éprouve pendant qu'il traverse les trompes, c'est-à-dire pendant deux, trois, quatre, cinq jours, et même plus, car on a trouvé des œufs qui, huit et jusqu'à quinze jours après l'accouplement, avaient à peine franchi le trajet étroit et sinueux de ces conduits.

Avant que l'œuf montre les premiers rudiments de l'embryon, il éprouve dans l'utérus quelques changements qui font suite à ceux qu'il vient de subir en parcourant les trompes de Fallope. Il se présente en arrivant dans cet organe sous la forme d'une vésicule transparente pleine de liquide. De Graaf, qui déjà le saisit sous cet état du troisième au septième jour après l'accouplement chez la femelle du lapin, le trouva encore libre et crut y reconnaître deux enveloppes distinctes. Harvey l'aperçut du douzième au quatorzième jour sous la forme d'un sac plein de liquide et sans aucune trace d'embryon sur les biches que la munificence de Charles Ier avait destinées à ses expériences. Enfin, Prévost, Dumas, de Baer, Bischoff et M. Coste ont déterminé avec précision les caractères que cet œuf a acquis depuis le moment de son arrivée dans l'utérus jusqu'à celui de l'apparition des premiers linéaments de l'embryon. D'après leurs observations, et notamment d'après celle des deux derniers, l'œuf de la lapine ayant de une demi-ligne à une ligne et demie de diamètre, est à peu près sphérique et entièrement libre, sans aucune adhérence avec la muqueuse utérine. Il est entouré de deux membranes transparentes, enclavées l'une dans l'autre et susceptibles d'être séparées. La première, qui est homogène et assez ferme, a été considérée par divers auteurs comme la membrane vitelline un peu épaissie ; la seconde est composée de cellules polygonales pleines de granulations très fines. Celle-ci, développée aux dépens des matériaux du jaune, constitue le *blastoderme* ou la vésicule blastodermique, dans l'épaisseur de laquelle on voit apparaître, d'après M. Coste, vers le septième jour chez le lapin, le huitième chez la chienne et le quinzième chez la brebis, la tache germinative ou l'*area germinativa*, arrondie et blanchâtre, qui est la première trace de l'embryon. Dès que celle-ci est devenue distincte, la vésicule blastodermique résulte de l'adossement de deux feuillets, tous les deux formés de cellules, l'un externe, appelé feuillet *séreux*, l'autre interne ou *muqueux*, dont l'étendue, d'abord limitée à la circonscription de la tache germinative, devient de plus en plus considérable.

Peu à peu l'œuf grossit : il atteint un diamètre de 6 à 8 millimètres, perd sa forme sphéroïde et devient elliptique ; sa surface extérieure prend un aspect grenu, comme villeux ; la tache germinative, primitivement circulaire, s'agrandit, devient oblongue en se rétrécissant fortement vers sa partie moyenne. Le contour de cette

tache reste obscur, et dans son milieu se dessine une ligne. A ce moment, l'œuf commence à contracter une adhérence intime avec la muqueuse de l'utérus au moyen de l'épithélium, dont cette membrane est tapissée.

Pendant la période dont il vient d'être question, la muqueuse utérine serait, d'après quelques auteurs, le siége d'une exsudation donnant naissance à ce que, depuis Hunter, on a appelé la membrane *caduque*. L'exsudation commençant avant que l'œuf ait quitté les trompes, celui-ci, en arrivant dans l'utérus, refoule devant lui une partie de la membrane nouvelle dont il se fait une enveloppe ; alors, il y a une caduque *vraie*, qui tapisse la muqueuse utérine, et une caduque *réfléchie*, continuation de la première et qui entoure l'œuf. Les observations les plus récentes faites à ce sujet par Weber, Sharpey et M. Coste, tendent à démontrer que la caduque, composée de cellules aplaties, de fibres et de vaisseaux sanguins très déliés, résulte d'un développement considérable, d'une sorte d'hypertrophie de la couche glanduleuse et superficielle de la muqueuse utérine, car elle présente tous les éléments anatomiques et les ouvertures des glandes diverticulées de cette membrane ; mais Bischoff n'a jamais pu reconnaître l'existence de cette caduque ni chez la chienne, ni chez la lapine, ni chez aucune des femelles domestiques. Son développement pourrait bien être chez la femme lié à quelques particularités exceptionnelles dans la structure de la membrane muqueuse utérine. Chez cette dernière, elle se détache par exfoliation et est éliminée à la suite de l'accouchement.

II. Du développement des enveloppes et des autres annexes de l'embryon.

De l'amnios. — Jusqu'ici l'œuf s'est montré sous une forme très simple. Il n'a encore présenté que deux membranes, une extérieure vitelline et une intérieure blastodermique constituée par un feuillet séreux dans lequel se dessine la tache germinative et un feuillet muqueux. La première trace embryonnaire n'a été représentée que par une ligne longitudinale au centre de la tache. Cette première phase est de courte durée. A peine l'embryon est-il ébauché dans la partie du feuillet séreux du blastoderme occupée par la tache, que le reste de ce feuillet blastodermique se soulève et se plisse autour de l'embryon, principalement vers les deux extrémités ; puis, les parties soulevées, se rapprochant peu à peu du côté où sera le dos du fœtus, finissent par se rencontrer et s'unir ; alors, celui-ci se trouve inclus dans sa première enveloppe propre, connue sous le nom d'amnios ou de sac amniotique.

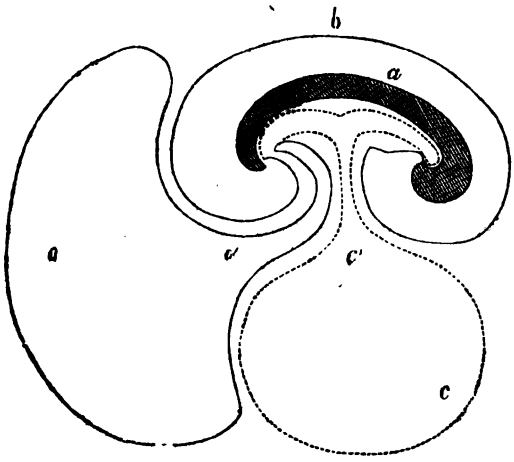
Cette membrane, dont le mode de formation est le même dans les mammifères et les oiseaux, ainsi que Baer l'avait reconnu, paraît se développer souvent en un espace de vingt-quatre heures. D'abord exactement appliquée sur l'embryon, elle s'en éloigne progressivement à mesure qu'il se dépose du liquide dans sa cavité. Insensiblement elle change d'aspect : de séreuse qu'elle était au commencement, elle prend les caractères d'une membrane vasculaire ; ses vaisseaux, d'ailleurs, assez peu considérables, se ramifient dans sa couche externe, et sa couche interne se recouvre même de bonne heure dans quelques animaux, et en particulier dans

les ruminants, d'écailles épidermiques irrégulières, dont le volume est très considérable vers les derniers temps de la gestation. Le sac qu'elle représente, primitivement sphéroïdal, devient elliptique à mi-terme, et plus tard il se déprime vers l'extrémité périphérique du cordon ombilical; enfin, vers la fin de la gestation, l'une de ses extrémités, celle qui correspond aux membres postérieurs du fœtus, s'étire chez les solipèdes en une corne mousse très courte.

Le liquide de l'amnios, d'autant plus limpide et moins visqueux que la gestation est peu avancée, est alcalin et mêlé à des cellules épithéliales et à des noyaux de cellules. Vauquelin, Berzelius, en ont donné l'analyse. M. Lassaigne y a trouvé chez la vache, et probablement dans la dernière période de la gestation, de l'albumine, du mucus, une matière jaune analogue à celle de la bile, de la soude, des chlorures de sodium et de potassium et du phosphate de chaux. M. Cl. Bernard y a signalé la présence normale du sucre, aussi bien chez les carnassiers que chez les herbivores. La composition de ce liquide paraît devoir changer notablement vers le terme de la gestation, car alors il devient peu abondant, extrêmement visqueux, adhère à la peau, agglutine les poils et prend souvent une teinte jaune très prononcée due au méconium qui s'échappe des voies digestives du fœtus.

De la vésicule ombilicale. — Après que l'amnios s'est formé aux dépens du feuillet externe ou séreux du blastoderme, l'embryon, en se repliant à ses extrémités et sur les parties latérales vers le centre de la vésicule blastodermique, enferme en dedans de lui une partie du feuillet interne ou muqueux de cette dernière, destinée à la formation de l'intestin. Le reste de ce feuillet, en dehors de l'embryon, constitue la vésicule ombilicale qui, d'abord, communique largement avec l'intestin auquel il ne tient plus tard que par un pédicule creux appelé conduit omphalo-mésentérique, dont le rétrécissement progressif entraîne bientôt l'oblitération.

Fig. 94 (*).



Une fois que la vésicule ombilicale est constituée, elle prend un développement rapide, et il s'établit entre elle et le fœtus des communications vasculaires au moyen de deux veines qui aboutissent au cœur et de deux artères émanées de l'aorte en commun avec la grande mésentérique.

Chez les oiseaux, son mode de formation est à peu près le même que dans les animaux vivipares. Cette vésicule (fig. 94), qui renferme le jaune de l'œuf, y persiste avec un

(*) Fig. 94. *a*, la partie dorsale de l'embryon; *b*, l'amnios; *c*, la vésicule ombilicale ou vitelline; *o*, l'allantoïde; *o'* l'ouraque, d'après Müller.

grand développement pendant toute la durée de l'incubation, et finit par se trouver incluse dans la cavité abdominale au lieu d'être en dehors de l'embryon.

La vésicule ombilicale prend un accroissement très rapide : dès qu'elle est formée, sa partie moyenne la plus renflée s'allonge dans les solipèdes, le porc et les ruminants, et donne naissance, d'après de Baer, à deux cornes qui se portent une de chaque côté de l'embryon. Bientôt, ces cornes s'atrophient et disparaissent; la partie moyenne se rétrécit peu à peu et le réseau vasculaire s'efface. Dans les embryons de vache, longs de six lignes, son développement, d'après Bischoff, était déjà arrêté; ses appendices avaient disparu; le pédicule par lequel elle communiquait primitivement avec l'intestin, était oblitéré et réduit à l'état de filament. Peu après on n'en rencontrait plus aucune trace.

Mais chez beaucoup d'animaux la vésicule ombilicale persiste plus longtemps avec des formes variables et même pendant toute la durée de la vie fœtale. Chez les solipèdes, comme M. Lecoq (1) le montre dans ses leçons, elle se voit jusqu'au terme de la gestation sous la forme d'un cordon rougeâtre fixé par une de ses extrémités au chorion et adhérente par l'autre au sommet de la cavité conoïde, dans laquelle elle est libre sur tout le reste de son étendue. Chez les fœtus de trois à quatre mois, elle a encore, d'après le savant professeur que je viens de citer, une cavité qui, étant insufflée, donne à la vésicule une configuration piriforme. Deux vaisseaux omphalo-mésentériques aboutissant à cette vésicule, persistent également à toutes les époques de la vie fœtale et même encore quelque temps après la naissance. Dans les carnassiers, la vésicule persiste aussi, suivant divers observateurs, pendant toute la vie fœtale. De la forme sphéroïdale et bientôt ellipsoïde (fig. 95), elle passe à celle d'un cylindre ou d'un tube plus ou moins allongé, dont les parois demeurent très vasculaires; elle persiste également jusqu'à la naissance dans les rongeurs, le lapin entre autres.

Fig. 95 (*).

De l'allantoïde. — Le sac membraneux qui doit par la suite se placer en dehors de l'amnios et se continuer avec la vessie urinaire, paraît naître, d'après la plupart des observateurs, de la dernière partie de l'intestin avec laquelle elle communique primitivement, ainsi qu'avec les canaux excréteurs des corps de Wolff. Néanmoins, M. Serres a fait dériver chez les oiseaux de deux petites élévations qui apparaissent

(1) *Des annexes du fœtus dans les principales espèces d'animaux domestiques.* (*Journal de médecine vétérinaire de Lyon*, 1845, p. 165.)

(*) Fig. 95. — *Embryon de taupe long de* 3 *lignes*, d'après Wagner. — *a*, le chorion; *b*, le cordon ombilical; *c*, la vésicule ombilicale; *d*, son pédicule ou conduit omphalo-mésentérique; *e*, partie antérieure; *f*, partie postérieure de l'intestin; *h*, arcs branchiaux qui commencent à s'effacer.

l'extrémité des corps de Wolff, et M. Coste la regarde comme un prolongement creux de la vésicule blastodermique.

Dès que l'allantoïde est formée et que l'abdomen se ferme au niveau de l'ombilic, cette vésicule se divise en trois parties : l'une qui reste incluse dans la cavité abdominale où elle se métamorphose en vessie ; l'autre qui se rétrécit, devient tubuleuse et constitue l'ouraque dans le cordon ombilical ; et enfin la troisième, de forme et d'étendue variables, qui vient se déployer entre l'amnios et le chorion. Mais ce sac affecte des dispositions très variables suivant les animaux.

Dans les ruminants, l'ouraque parvenu vers l'extrémité périphérique du cordon ombilical, se dilate et s'évase en un infundibulum, duquel naissent deux longues cornes irrégulières, dont l'une s'engage dans la corne utérine occupée par l'embryon, tandis que l'autre descend vers le corps de la matrice et se recourbe sur elle-même pour venir s'insinuer dans la corne utérine opposée à celle qui renferme l'embryon. Elle se trouve en rapport, d'une part, avec l'amnios et le chorion ; d'autre part, avec le chorion seulement dans la partie rétrécie des cornes de l'utérus. L'extrémité de chacun de ses prolongements perce même le chorion et vient se mettre en contact immédiat avec la muqueuse utérine.

Chez les solipèdes, comme Fabrice d'Acquapendente l'avait déjà vu, l'allantoïde constitue un vaste sac dont la forme extérieure est exactement la même que celle du chorion et de l'utérus. Du pourtour de l'orifice évasé de l'ouraque, elle donne un premier feuillet qui s'étale à la surface externe de l'amnios et la tapisse complétement. D'un côté de cet orifice, elle se continue autour des vaisseaux qui viennent de quitter le cordon ombilical et leur forme une sorte de gaîne à l'intérieur de laquelle se trouve la vésicule ombilicale ; puis arrivée au chorion, elle se répand à la face interne de celui-ci par un deuxième feuillet beaucoup plus étendu que le premier.

L'allantoïde est une membrane mince, pellucide, transparente, sans vaisseaux sanguins visibles à l'œil nu : aussi paraît-elle offrir l'aspect d'une véritable membrane séreuse. Dans les premiers temps de sa formation, elle est, d'après les recherches de de Baër, composée de deux feuillets : l'un externe, très vasculaire, s'unissant très intimement au chorion ; l'autre interne, dépourvu de vaisseaux, et constituant, à proprement parler, le sac entier de cette membrane. Le premier feuillet disparaît, dit-on, de très bonne heure chez les ruminants, de sorte qu'il ne reste plus que le sac à deux prolongements, dont la disposition générale est si remarquable.

Le sac de l'allantoïde se développe dès les premiers temps de la vie embryonnaire, et avec une très grande rapidité dans nos divers animaux domestiques. Il se remplit d'un liquide qui, d'abord parfaitement limpide et incolore, devient jaunâtre et proportionnellement de moins en moins abondant à mesure qu'on se rapproche du terme de la gestation. M. Lassaigne a trouvé dans ce liquide, chez la vache, de l'albumine, de l'osmazome, une matière mucilagineuse azotée, de l'acide allantoïque, de l'acide lactique, du lactate de soude, du chlorhydrate d'ammoniaque, du chlorure de sodium, du sulfate de soude, des phosphates de soude, de chaux et de magnésie. Celui du fœtus de jument est dépourvu d'acide allantoïque, et le sulfate de soude y est remplacé par du sulfate de potasse. Les deux contiennent, en outre, un principe particulier, l'allantoïne, qui paraît être de l'urate d'urée, et enfin du sucre, dont la présence a été signalée par M. Cl. Bernard.

Dans le liquide allantoïdien, on trouve toujours chez les solipèdes et les ruminants une ou plusieurs concrétions discoïdes jaunes ou brunâtres, élastiques, dont la nature et le mode de formation sont encore indéterminés. Chez les fœtus de solipèdes on rencontre constamment un certain nombre de ces hippomanes encore fixés chacun par un pédicule plus ou moins grêle au feuillet allantoïdien qui tapisse la face interne du chorion ; mais ces derniers ne sont peut-être pas identiques avec les autres et ne se montrent pas dans l'allantoïde des ruminants.

Du chorion. — Dans les premiers temps qui suivent l'arrivée de l'œuf au sein de l'utérus, la membrane externe de cet œuf, c'est-à-dire la membrane vitelline recouverte ou non d'une couche d'albumine suivant les animaux, devient, d'après M. Coste, un premier chorion dont la surface ne tarde pas à se recouvrir de villosités. Puis, peu à peu, la portion du feuillet externe de la membrane blastodermique qui n'a point servi à la formation de l'amnios, s'accole au premier chorion. Bientôt celui-ci disparaît par résorption, et le feuillet externe du blastoderme, resté seul, devient le deuxième chorion. Enfin, lorsque l'allantoïde est venue s'étaler entre l'amnios et le revêtement externe de l'œuf, entraînant en dehors d'elle les vaisseaux ombilicaux, ceux-ci déterminent la formation d'un chorion définitif vasculaire et hérissé de nombreuses villosités. Il y aurait donc ainsi trois chorions successifs, dont deux provisoires et sans vaisseaux, devant disparaître aussitôt que l'allantoïde a porté les vaisseaux ombilicaux à toute la périphérie de l'œuf. Suivant Bischoff, qui est assez bref à cet égard, le chorion résulterait simplement de la fusion de la zone vitelline avec toute la partie du feuillet séreux du blastoderme qui est restée libre après la formation de l'amnios. Tout cela s'opère avec une telle rapidité qu'il suffit d'une période de vingt-quatre heures pour voir s'achever la formation du chorion et de ses villosités.

Le chorion, définitivement constitué et examiné dans un œuf assez volumineux, se présente sous l'aspect d'un sac qui, chez les femelles multipares, comme chez les unipares, a exactement la forme de l'utérus avec lequel il se met en rapport par toute l'étendue de sa surface externe (fig. 96). Ses cornes, dans les ruminants, sont percées tout près de leur extrémité pour laisser sortir le petit prolongement de celles de l'allantoïde. Son sac, unique dans les ruminants, est multiple dans les carnassiers et les autres animaux dont l'utérus contient plusieurs fœtus. Dans ce dernier cas, chaque fœtus a le sien sans communication avec celui des autres.

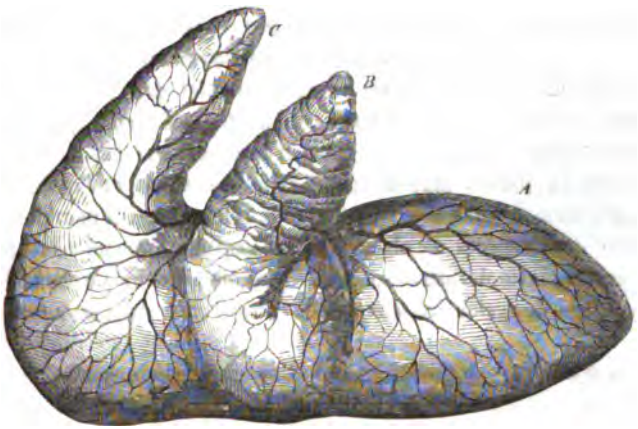
A la face interne du chorion qui est en rapport, soit entièrement avec l'allantoïde, soit partie avec celle-ci et l'amnios, suivant les espèces, se ramifient les artères et les veines ombilicales dont les petites divisions traversent la membrane et viennent à sa face extérieure former les villosités placentaires.

Cordon ombilical. — Dès que la vésicule ombilicale est constituée et que l'allantoïde sort de l'abdomen accompagnée des vaisseaux ombilicaux, le cordon ombilical est formé. Il se compose, dans la plupart des animaux : 1° de deux veines qui se réunissent en une seule à leur entrée dans l'abdomen pour se jeter dans le foie ; 2° de deux artères provenant des iliaques internes ; 3° du pédicule creux de l'allantoïde, ou autrement, de l'ouraque ; 4° du pédicule de la vésicule ombilicale et des vaisseaux omphalo-mésentériques, le tout enveloppé dans une gaine cylin-

drique fournie par l'amnios à partir de sa jonction avec les parois abdominales au pourtour de l'ombilic.

Lorsque le développement de l'œuf est assez avancé, le cordon ne présente plus tout à fait sa constitution primitive; la vésicule ombilicale s'atrophie et disparaît totalement, comme chez les ruminants, ou elle persiste, mais après s'être oblitérée et avoir pris la forme d'un cordon. Ainsi qu'on le voit dans les ruminants,

Fig. 96 (*).



la veine et l'artère omphalo-mésentériques disparaissent avec la vésicule, ou bien, ce qui arrive presque toujours s'il reste un vestige de celle-ci, elles persistent avec ce vestige; enfin, le pédicule de l'allantoïde se rétrécit tellement qu'il devient très difficile ou impossible de faire passer de l'air de la cavité allantoïdienne dans celle de la vessie.

Les dimensions du cordon varient sensiblement suivant les espèces. Ce cordon est très long dans le fœtus humain; il l'est proportionnellement beaucoup moins chez les solipèdes et les ruminants, et demeure très court dans le lièvre et le lapin. La torsion des artères sur les veines ombilicales qui restent droites dans l'espèce humaine, ne se voit pas chez les grands animaux. La torsion du cordon sur lui-même, et un grand nombre de fois, n'est qu'accidentelle; elle dépend des mouvements du fœtus vers les derniers temps de la gestation ou des déplacements qu'on a fait subir à celui-ci lorsque l'utérus a été extrait du sein de la mère. Il ne faudrait donc pas croire, comme on serait tenté de le faire, en voyant les dessins de fœtus d'animaux donnés par Fabrice d'Acquapendente et d'autres, que les torsions spirales sont normales et constantes. L'étude du fœtus non déplacé prouve qu'elles manquent dans la très grande généralité des cas.

Du placenta. — Lorsque l'œuf a pris une forme elliptique et acquis dans l'uté-

(*) Fig. 96. — *Chorion insufflé du fœtus de jument à mi-terme.* — *A*, partie postérieure occupant le corps de l'utérus; *B*, corne gauche bosselée et plissée; *C*, corne droite plus longue renfermant une partie du fœtus.

rus un diamètre de 5 à 6 millimètres, son enveloppe extérieure devient grenue : il s'élève à sa surface de petites saillies qui sont de véritables villosités provisoires. Mais, plus tard, à mesure que l'œuf prend de l'extension et que le chorion arrive à sa constitution définitive, il se développe de nouvelles villosités dont la structure est manifestement celluleuse et vasculaire.

Celles-ci, formées indistinctement dans tous les points de la superficie du chorion, continuent à y prendre uniformément de l'extension dans certains animaux, les solipèdes entre autres, et à y développer un immense placenta recouvrant exactement l'enveloppe externe et s'engrenant avec la totalité de la muqueuse utérine. Au contraire, dans la plupart des espèces, ces villosités s'hypertrophient seulement en un ou plusieurs endroits pour former un placenta simple comme celui de la femme, de la chienne, de la chatte, de la plupart des carnassiers et des rongeurs, ou un placenta multiple, tel que celui des animaux ruminants. Néanmoins, les petites villosités qui se trouvent disséminées sur le chorion dans les intervalles des amas placentaires, persistent en parties plus ou moins clair-semées, et quelquefois jusqu'au terme de la gestation, comme Wœber en a fait la remarque. On peut donc, d'après cela, distinguer deux espèces de placentas : un placenta *disséminé* et un placenta *aggloméré*, et dans cette dernière espèce, on peut établir deux variétés : l'une, qui est celle du placenta aggloméré *simple*, et l'autre, celle du placenta aggloméré *multiple*.

Le placenta disséminé existe chez les solipèdes, chez le dromadaire, le chameau, le lama et le porc. Il y est formé par des papilles courtes assez rapprochées et à peu près régulièrement éparpillées à la surface du chorion, si ce n'est chez le porc où elles se rassemblent déjà en petites touffes entre lesquelles les autres papilles sont plus clair-semées, comme pour marquer la transition entre le placenta régulièrement disséminé et le placenta aggloméré des ruminants à cornes ou à bois.

Cet organe est aggloméré et unique dans le fœtus humain, dans celui des carnassiers et des rongeurs : il y revêt deux formes bien distinctes, celle d'un disque ou d'un gâteau et celle d'une ceinture. La première appartient au fœtus humain, à celui des singes, de la lapine, de la hase, de la taupe, des rats et des souris. Ce placenta discoïde est très épais, nettement circonscrit à sa circonférence et hérissé de papilles rameuses à sa surface, séparées les unes des autres par des enfoncements irréguliers parfois disposés en séries linéaires. Il reçoit généralement vers son centre, du côté du chorion, les faisceaux vasculaires du cordon ombilical. La seconde forme du placenta simple est propre à quelques carnassiers, notamment à la chienne et à la chatte : c'est celle d'une large et épaisse ceinture qui entoure l'œuf dans son milieu et perpendiculairement à son grand axe.

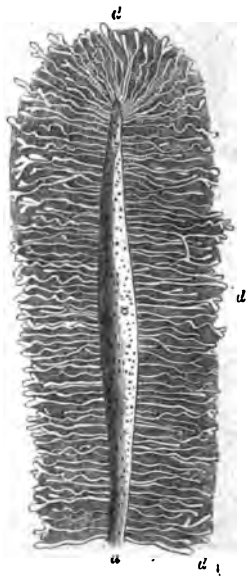
Le placenta aggloméré, est multiple dans la plupart des ruminants, tels que les ruminants à bois et ceux à cornes creuses. Les plus grands correspondent au corps de l'utérus, et à la base des cornes, les autres deviennent de plus en plus petits et de plus en plus rapprochés à mesure qu'on les considère plus près de la pointe des cornes utérines. Ils ont tous une forme arrondie ou oblongue très rarement irrégulière ; leur surface utérine est convexe dans la brebis et la chèvre ; elle est, au contraire, concave dans la vache.

Chez ces ruminants, la muqueuse utérine présente en regard de chaque placenta

un disque épais, pédiculé, désigné sous le nom de *cotylédon*. Ces cotylédons sont des appendices muqueux qui, déjà, se montrent à l'état rudimentaire dans l'utérus du fœtus, prennent quelque peu de développement après la naissance, s'hypertrophient pendant la gestation et persistent durant toute la vie. Ceux de la vache ont une surface convexe et sont recouverts, chacun, par un placenta correspondant disposé en large cupule; ceux de la brebis, au contraire, sont fortement concaves et forment la cupule à ouverture étroite qui reçoit le placenta.

Le mode d'union des papilles placentaires avec la muqueuse utérine est à peu près le même dans tous les animaux, quelle que soit, du reste, la forme du placenta. Chaque papille, qui isolée, se présente sous l'aspect d'une petite saillie conique, a, en réalité, la forme d'un petit panache, duquel se détachent un grand nombre de filaments, ou, si l'on veut, d'une petite racine portant un chevelu abondant, comme on peut, du reste, le voir, en faisant plonger cette villosité sous l'eau. Sa forme conique, qu'elle reprend en sortant du liquide, résulte de ce que tous les filaments papillaires se rapprochent et s'appliquent les uns sur les autres. Du côté de l'utérus, la membrane muqueuse offre, d'après les belles observations de Berres et celles de Weber, plusieurs sortes de follicules : les uns larges et peu profonds paraissant destinés à la sécrétion du mucus ; les autres très longs (fig. 97), à une seule entrée et à ramifications nombreuses, destinés à recevoir chacun une papille placentaire et ses divers filaments. Ces follicules ont, chez les ruminants, des ouvertures énormes, et au delà de leur ouverture, un très grand nombre de petits diverticulums terminés en cul-de-sac. Chaque orifice reçoit une papille placentaire en masse, et chaque petit embranchement du follicule engaîne un filament de cette dernière. Il y ainsi un engrènement intime (fig. 98) qui rend chez les ruminants l'adhérence du placenta avec le cotylédon très difficile à détruire, si ce n'est après que l'œuf a éprouvé un commencement de décomposition. Alors, la séparation est facile, et pendant qu'elle s'opère, on voit chaque papille sortir sous la forme conique de son follicule de réception.

FIG. 97 (*).

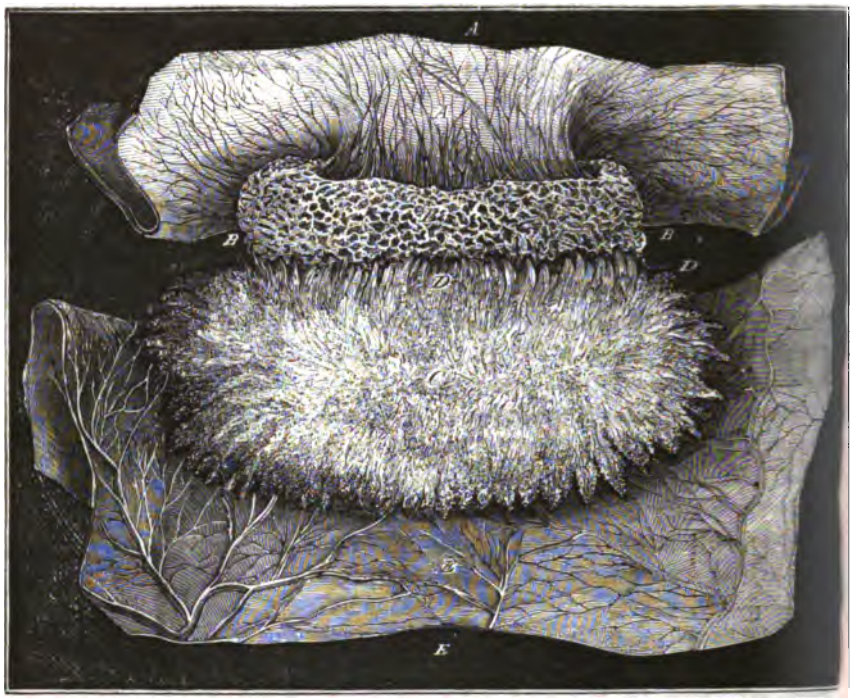


Un engrènement de ce genre, mais beaucoup plus simple, se voit déjà chez quelques poissons vivipares, et notamment, d'après Cuvier et Müller, dans ceux du genre *Carcharias*. La muqueuse de l'utérus de ces poissons offre (fig. 99) des plis très saillants entre lesquels se trouvent des sillons profonds où s'enfoncent des plis sinueux et irréguliers du placenta fœtal. Il y a là, de part et d'autre, un agencement qui multiplie les points de contact et établit une adhérence très intime.

(*) Fig. 97. — *Section de la membrane interne d'un utérus de femme au commencement de la gestation.* — *d d*, les follicules ; *a a a*, leurs orifices à la face libre de la muqueuse, d'après E.-H. Weber.

La structure du placenta et le mode de connexion de cet organe avec la muqueuse utérine méritent la plus grande attention, car c'est par eux que l'on peut

Fig. 98 (*).



arriver à la connaissance des communications intimes établies entre le fœtus et la mère.

Fig. 99.

Dans les placentas à papilles comme ceux de la plupart des mammifères, et en particulier des ruminants, les papilles ou les villosités représentent chacune, comme

(*) Fig. 98 représentant un placenta à moitié séparé de son cotylédon chez la vache. — A pédicule du cotylédon; B, cotylédon; C, placenta, D, papilles placentaires; E, portion du chorion.

je l'ai déjà dit et comme les observations de Weber l'ont établi, une racine dont l'axe supporterait un chevelu abondant ou un arbuscule pourvu de ramifications nombreuses et déliées. L'axe de la villosité renferme un tronc de l'artère et un autre tronc de la veine ombilicale, et chaque division de cet axe ou chaque filament de la villosité reçoit un ou plusieurs rameaux veineux et d'autres rameaux artériels qui, après s'être réduits à l'état capillaire, s'infléchissent les uns vers les autres et s'anastomosent entre eux sous forme d'arcades, les veinules avec les artérioles, au sommet des filaments de la villosité. Il n'y a aucun orifice libre à l'extrémité des vaisseaux de cette dernière, et ici, comme partout ailleurs, le sang apporté par les artères revient dans les veines en passant dans des capillaires intermédiaires aux deux ordres de vaisseaux. C'est ce que démontrent de la manière la plus évidente les injections fines et colorées des placentas de la vache et de la brebis, où les papilles s'offrent avec des dimensions très considérables. La même disposition vasculaire se retrouve dans les placentas de la chienne et de la chatte, où les papilles sont remplacées, ainsi que l'a fait voir Eschricht, par des lamelles très minces, sinueuses et légèrement denticulées.

Du côté de l'utérus, les artères de la muqueuse plus ou moins modifiée, se continuent aussi directement avec les veines de la même membrane, mais suivant un mode particulier entrevu par G. Hunter et bien précisé par Weber. Les artères, au lieu de se ramifier en canaux de plus en plus ténus qui deviennent capillaires pour s'anastomoser avec les veines, conservent un assez grand volume et viennent directement se joindre avec les racines fort larges des veines, de sorte qu'il y a entre les deux ordres de vaisseaux des espèces de lacunes ou de cellules, dans lesquelles peut s'accumuler une grande quantité de sang utérin.

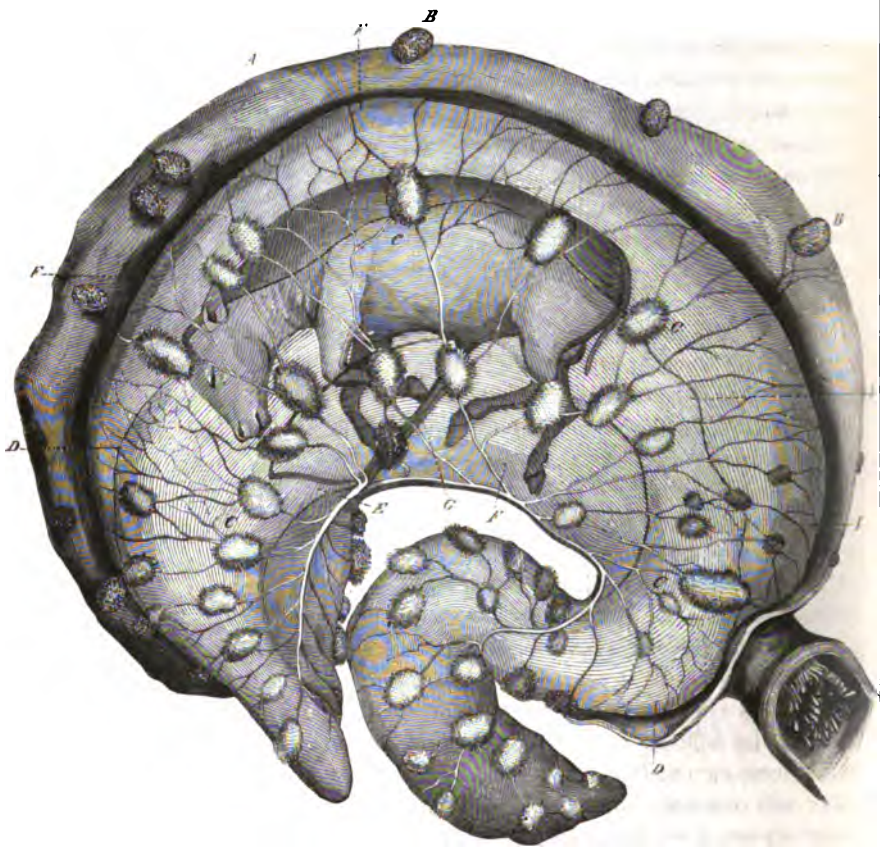
D'après ces dispositions fort remarquables, il devient évident qu'il ne peut y avoir de communication directe entre le fœtus et la mère. La communication ne peut se faire qu'à travers les parois vasculaires, dans les points où les vaisseaux des papilles placentaires se trouvent en contact avec ceux de l'utérus. Or comme, d'une part, les villosités placentaires s'enfoncent avec toutes leurs ramifications déliées dans les follicules utérins ramifiés et représentant en creux ce que les villosités figurent en relief; comme, d'autre part, ces follicules qui engaînent les papilles sont entourés par les réseaux des vaisseaux utérins à parois extrêmement minces, il est évident que l'échange des fluides nutritifs entre la mère et le fœtus doit avoir lieu à travers les parois vasculaires au point de contact entre les papilles placentaires et les follicules utérins dans lesquels ces papilles sont reçues. Les intéressantes recherches de Sharpey et celles de Weber ne laissent pas de doute sur ce point, dont il sera encore question à propos de la circulation fœtale.

Voilà donc les enveloppes et les autres annexes du fœtus constitués. Après les avoir suivis dans leur évolution et les changements qu'ils éprouvent, nous pouvons nous les représenter tels qu'ils sont vers le milieu et pendant tout le reste de la gestation chez les ruminants, où leur étude est des plus faciles. Ainsi, dans l'œuf de vache à mi-terme, la matrice A étant ouverte par sa face gauche, nous voyons le fœtus occuper la corne droite de ce viscère, qui est aussi la plus développée, BB sont les cotylédons de la portion de matrice dont la face interne est apparente;

CC, les placentas ; DD, l'allantoïde ; E; l'évasement de l'ouraque ; F, l'amnios ; G. le cordon ombilical (fig. 100).

Lorsque l'utérus du ruminant contient deux fœtus, l'un occupe la corne droite,

Fig 100.



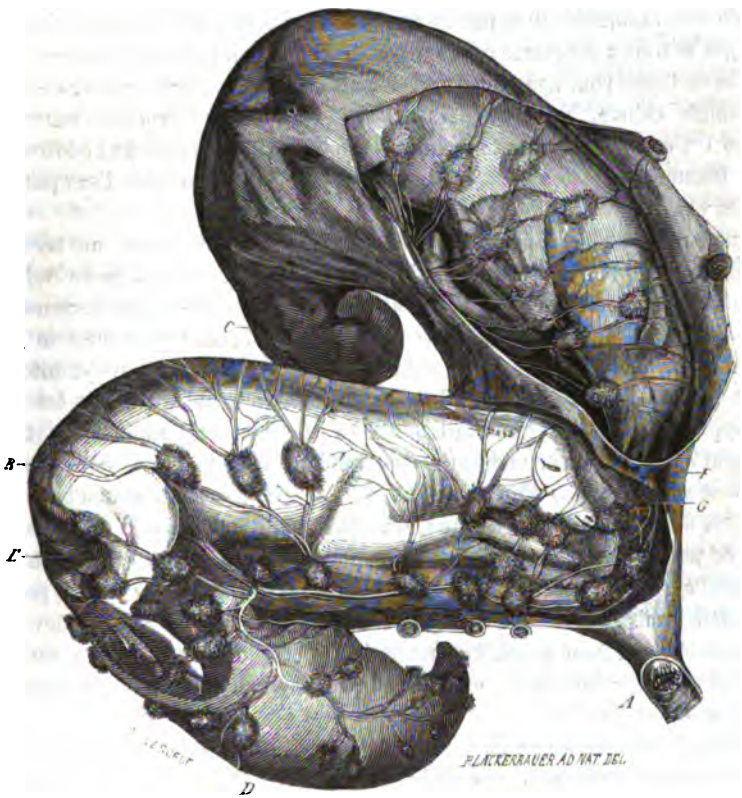
l'autre la corne gauche, comme le montre l'œuf de chèvre à terme (fig. 101). Chaque fœtus a ses enveloppes spéciales et indépendantes, à cela près que les deux chorions sont réunis en G au niveau du col de l'utérus ; A, le col de la matrice ; B, sa corne gauche ; C, sa corne droite ; D, l'allantoïde de l'un des fœtus ; E, l'amnios de celui-ci ; F, bandelette des parois de la matrice laissée au milieu du corps au point de contact des deux fœtus.

III. Du développement des appareils organiques et des tissus de l'embryon.

Par l'examen rapide que nous venons de faire des changements qui surviennent dans l'œuf à la suite de la fécondation et du développement des annexes de l'em-

bryon, nous avons dû pressentir que les diverses parties de l'être nouveau résultaient d'une série de formations successives dans un ordre et suivant des lois déterminées. L'œuf qui, dans l'ovaire et les trompes, se composait seulement d'une zone transparente, d'un vitellus et d'une vésicule germinative, ne tarde pas, une fois arrivé dans la matrice, à acquérir une organisation plus complexe. La zone

Fig. 101.



transparente s'épaissit, se recouvre d'une couche albumineuse, se hérisse de villosités et se transforme en chorion; à sa face intérieure, se développe la vésicule blastodermique, et cette vésicule se sépare en plusieurs feuillets; le vitellus se segmente; dans l'épaisseur du feuillet externe du blastoderme, apparaît la tache embryonnaire; autour de cette tache, qui est le premier vestige de l'embryon, s'élèvent des plis du feuillet blastodermique externe destinés à former l'amnios, puis surgissent la vésicule ombilicale et ses vaisseaux, l'allantoïde et les siens, etc. Il n'y a donc pas là évolution, extension de parties déjà toutes formées dès le principe, parties qui se trouveraient en miniature dans l'œuf, ainsi que

le supposaient Haller, Bonnet, et les autres partisans de l'*évolution* ou de l'emboîtement des germes.

L'étude même la plus superficielle du développement embryonnaire nous montre que dans l'œuf chaque partie qui n'existait point auparavant, se forme et devient apparente à une époque fixe, et que tout dans l'embryon est le produit d'une série de formations nouvelles et successives aux dépens de la matière de l'œuf. Ce mode de développement constitue l'épigénèse, que Harvey avait déjà nettement reconnu d'après ses belles observations faites sur les biches et les daines. L'illustre physiologiste, sans le secours des moyens précieux d'investigations employés aujourd'hui, avait pu voir néanmoins se former de toutes pièces les principaux organes du fœtus. Et ce qui le frappa davantage fut l'apparition du cœur au milieu de la masse gélatiniforme de l'embryon, nageant dans les eaux de l'amnios, alors que ce cœur était une simple cellule, un *punctum saliens*, qu'il montra encore mouvant à Charles Ier, comme il lui avait fait voir les mouvements du cœur de l'adulte sur ce jeune homme dont le thorax était ouvert, par la destruction d'une partie du sternum (1).

Dans ce mode de développement, nous verrons les cellules jouer un très grand rôle comme elles l'ont fait dès le principe, car suivant l'heureuse idée de Schwann, l'œuf microscopique contenu dans l'ovaire n'est qu'une cellule dont la zone transparente est la paroi, le vitellus le contenu et la vésicule germinative le noyau. Le contenu vitellin de la grande cellule n'est autre chose que des cellules plus petites destinées à s'agrandir et à se multiplier ultérieurement, suivant les lois du développement cellulaire. Nous suivrons pas à pas, mais très rapidement, l'admirable travail qui ébauche, achève et perfectionne chaque partie de l'embryon, comme le sculpteur qui, d'un bloc informe, fait sortir successivement chacun des membres de la statue et leur donne peu à peu le fini d'une œuvre d'art. Il nous sera facile de juger, par cet examen, de la direction du travail, et de voir que celui-ci est exécuté d'après un plan rigoureusement tracé à l'avance et en vue d'un type à réaliser ; nous nous assurerons ainsi que l'embryon, avant d'arriver à son développement complet, ne passe point, comme on l'avait cru, d'après de vagues analogies, par les formes transitoires et successives du zoophyte, de l'articulé, du mollusque, du poisson et du reptile.

Lorsque l'œuf est arrivé dans l'utérus et bien avant qu'il contracte avec cet organe aucune connexion vasculaire, il éprouve les modifications desquelles résultent les premiers linéaments de l'embryon. Après que la segmentation du vitellus est opérée, le blastoderme se développe à la périphérie de celui-ci et à la face interne de la zone transparente qui s'épaissit. Cette production nouvelle, dérivée des cellules vitellines, se dédouble bientôt en feuillet externe, séreux ou animal et en feuillet muqueux, interne ou végétatif, entre lesquels apparaîtra plus tard un troisième feuillet vasculaire. Dans la lame externe se dessine la tache germinative obscure, formée par une agglomération de cellules. Cette tache, d'abord petite et circulaire, devient oblongue, lyriforme et s'agrandit; sa circonférence s'obscurcit, prend l'aspect d'un anneau foncé ; sa partie centrale pâlit et semble

(1) *Exercitationes de generatione animalium, exercit.* LIX, p. 311. Lugdun. Batav., 1737.

acquérir de la transparence ; dans celle-ci se creuse la *ligne primitive*, sorte de sillon perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'œuf devenu elliptique. Le sillon lui-même est circonscrit par deux rebords légèrement dentelés, qui se réunissent en arcade à l'extrémité où se montrera plus tard la tête de l'embryon, et à angle aigu, au contraire, à l'extrémité caudale.

Sur les parties latérales de la ligne primitive se dessinent, sous forme de deux lignes saillantes, les deux moitiés du système nerveux central. Sous le sillon primitif se montre une série de granulations constituant la corde dorsale, autour de laquelle se développera le rachis. De chaque côté des moitiés de l'axe nerveux, se montrent des plaques quadrangulaires et obscures, qui deviennent le rudiment des vertèbres. A ce moment, l'embryon se présente sous la forme d'un écusson épais, proéminent à la surface de la vésicule blastodermique, et convexe du côté de la circonférence de l'œuf ; les deux extrémités de cet écusson, la caudale et la céphalique, s'incurvent l'une vers l'autre de manière à lui donner quelque ressemblance avec un croissant ; enfin, les parties latérales de ce même écusson embryonnaire se renversent vers le centre de l'œuf ou du vitellus, se rapprochent l'une de l'autre et tendent à se rencontrer sur la ligne médiane pour former les parois du thorax et de l'abdomen. C'est en cela que consistent, d'après les observations les plus exactes, les premières ébauches de la forme embryonnaire, aussi bien dans les mammifères que dans les oiseaux, où elles sont beaucoup plus faciles à suivre.

Il est à noter, avant de reprendre et de poursuivre chaque détail de ces formations primordiales, que chacun des feuillets du blastoderme devient le point de départ d'une série déterminée d'organes et de systèmes organiques. Les recherches de Baër, de Wagner, de Valentin et de Bischoff, ont établi que la plupart des organes de la vie animale, le système nerveux, l'appareil locomoteur dérivent du feuillet séreux au superficiel du blastoderme ; que l'estomac, l'intestin, les glandes, les organes génitaux émanent du feuillet interne ou muqueux, et qu'enfin le cœur et les gros vaisseaux ont leur point de départ dans un feuillet intermédiaire aux deux premiers, et connu sous le nom de feuillet vasculaire.

Du système nerveux. — Le système nerveux qui s'est montré dans le principe, sous la forme de deux petits cordons placés sur les côtés de la ligne primitive, se développe très rapidement. Les deux cordons s'aplatissent, se recourbent l'un vers l'autre et constituent bientôt un tube dilaté en trois points à son extrémité céphalique, et en un seul à son extrémité caudale. Les trois premières dilatations sont les cellules cérébrales qui donneront naissance aux renflements encéphaliques, et la dernière correspond au point d'où se détacheront plus tard les plexus lombaires et sacrés, ou à ce qu'on appelle le sinus rhomboïdal.

La cellule antérieure du tube nerveux primitif ne tarde pas à se diviser en deux compartiments, l'un antérieur pour les lobes ou les hémisphères cérébraux, l'autre pour les couches optiques. La seconde cellule prend peu d'extension et forme les tubercules bigéminés, et enfin, la troisième se subdivise en deux parties situées l'une en avant de l'autre ; la première est le point de départ du cervelet, la seconde, celui du mésocéphale et de la moelle allongée. Tout cela est visible dès le quatrième jour de l'incubation sur l'œuf de la poule, d'après les observations de

de Baër, et sur l'embryon humain de sept semaines, d'après celles de Tiedemann.

Les cellules cérébrales, après avoir été creuses et à parois minces, se remplissent peu à peu, le septum lucidum s'élève pour diviser en deux la cavité des grands ventricules; la grande scissure qui sépare les deux hémisphères cérébraux et les circonvolutions apparaissent à la surface de ceux-ci vers la fin du premier tiers de la vie utérine; les pédoncules cérébraux, les tubercules bigéminés se dessinent promptement; le cervelet un peu plus tard, et d'abord sans trace de circonvolutions, puis, sur la moelle allongée qui reste ouverte en arrière du quatrième ventricule, se prononcent les pyramides, les corps olivaires et restiformes.

La moelle épinière, dont les deux moitiés se sont vite réunies du côté du corps des vertèbres, reste longtemps ouverte du côté de leur partie spinale, sous la forme d'une gouttière profonde ou d'un demi-canal qui se continue avec les ventricules cérébraux par l'intermédiaire du calamus scriptorius. Cependant, les bords du demi-canal se rapprochent peu à peu et finissent par se joindre; la cavité qu'ils circonscrivent se resserre progressivement par le dépôt de substance grise à sa face interne, mais ce dépôt s'arrêtant laisse persister une petite cavité qui, sur l'adulte, porte le nom de canal central de la moelle épinière. Chez les oiseaux, les deux bords du cordon rachidien ne se rapprochent jamais au niveau du sinus rhomboïdal; aussi, reste-t-il là, à tous les âges de la vie, une cavité qui ne se voit point chez les mammifères.

Les nerfs se dessinent à la fois dans la plupart des régions de l'organisme, mais sans que leur développement marche du centre vers la périphérie, comme on le croyait autrefois, ni de la périphérie vers l'encéphale et la moelle épinière. Leurs fibres, qui sont tubuleuses, résultent de la fusion sériale de cellules primitives pourvues de noyaux, cellules dont les parois se résorbent dans les points où elles se touchent, et les canaux de ces fibres, d'abord très larges, se rétrécissent, d'après Schwann, par le dépôt de substance blanche à leur face interne. Les globules de la substance grise auraient aussi, de même que les fibres, pour point de départ, des cellules éprouvant des modifications particulières.

Les organes des sens se développent manifestement comme des dépendances du système nerveux. L'œil, qui apparaît de très bonne heure, dérive d'un prolongement creux émané de la première cellule cérébrale, prolongement qui se dilate et devient vésiculeux à son extrémité périphérique, c'est-à-dire au point où il est bientôt transformé en globe oculaire. L'oreille dérive aussi, suivant les uns, d'un prolongement de la troisième cellule cérébrale, et, suivant les autres, Bischoff en particulier, d'une vésicule primitivement isolée qui n'entrerait que consécutivement en communication avec la troisième cellule. Les autres organes sensoriels n'ont rien d'exceptionnel dans leur mode d'évolution.

De l'appareil locomoteur. — La première formation qui se rattache au squelette de l'embryon se dessine sur la ligne médiane au-dessous de l'axe nerveux, sous la forme d'une série de cellules bientôt entourées d'une gaîne transparente. Cette série, connue sous le nom de corde dorsale, devient l'axe autour duquel se développe la colonne vertébrale, mais elle reste étrangère à la constitution de celle-ci, s'efface plus tard, excepté chez quelques vertébrés, notamment les poissons [illegible] et quelques poissons cartilagineux, où elle persiste pendant toute

la vie. De chaque côté de la corde dorsale et de l'axe nerveux apparaissent des plaques quadrangulaires dont le nombre s'accroît à la fin vers l'extrémité caudale et vers la céphalique. Ces plaques s'agrandissent et s'incurvent en dessus et en dessous, les droites vers les gauches, de manière à venir se rencontrer sur la ligne médiane et à former une série d'anneaux. Vers le dos elles s'accolent l'une à l'autre, mais à la face opposée du rachis il s'interpose entre elles une pièce impaire qui représente le corps des vertèbres : les prolongements latéraux des pièces annulaires donnent lieu aux apophyses transverses, et leur prolongement supérieur aux apophyses épineuses, auxquelles s'ajoutent dans quelques régions des noyaux supplémentaires.

A l'extrémité céphalique de la corde dorsale, les rudiments du cerveau s'entourent d'une capsule cérébrale à la base de laquelle se développe un cartilage. Dans celui-ci et sur la ligne médiane paraissent trois pièces analogues à des corps de vertèbres, l'une pour l'occipital, l'autre pour le sphénoïde postérieur, et la troisième pour le sphénoïde antérieur. Sur les côtés de ces rudiments des trois vertèbres crâniennes, se forment les pièces qui achèvent l'occipital, les deux sphénoïdes, les frontaux et les pariétaux.

Sur les côtés du cou et de la tête qui manque encore de face, c'est-à-dire de mâchoires, de bouche et de cavités nasales, sont abaissées des lames membraneuses analogues à celles qui forment les parois du thorax et de l'abdomen, et réunies comme elles sur la ligne médiane inférieure de l'embryon. Ces lames, connues sous les noms d'arcs *branchiaux* ou *viscéraux*, sont séparées par des fentes analogues à celles des branchies des poissons. La mâchoire supérieure, la bouche et les cavités nasales, c'est-à-dire les maxillaires, les os du nez, les palatins se développent aux dépens de la première lame viscérale. D'après Reichert, la plus grande partie de l'appareil hyoïdien se forme dans la seconde, et les grandes branches dans la troisième. La quatrième lame admise par de Baër et Rathke, et qui se détache sur les côtés des vertèbres cervicales, concourt au développement des parties molles de l'encolure.

Les parois du thorax et l'abdomen se trouvent naturellement formées de très bonne heure par le ploiement latéral de l'écusson embryonnaire dont les bords, en prenant de l'extension, finissent par se rejoindre sur la ligne médiane à une certaine distance du rachis. Dans l'épaisseur de ces parois se montrent bientôt, à la région thoracique, les arcs costaux qui semblent des languettes ou des prolongements des apophyses vertébrales transverses. Elles sont, après le rocher, les pièces du squelette les premières ossifiées. A la région cervicale des oiseaux, il se développe des noyaux analogues à ceux des côtes et qui deviennent de véritables arcs costaux au niveau des dernières vertèbres du cou. La même chose arrive aussi parfois aux vertèbres lombaires des mammifères. La première de celles-ci porte toujours chez le porc un rudiment de côte articulé à son apophyse transverse, et chez le cheval cette même vertèbre présente souvent d'un seul côté ou des deux à la fois une côte articulée ou une côte continue à l'apophyse transverse.

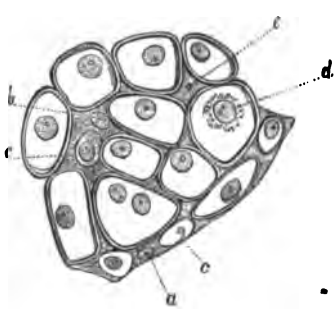
Le sternum, qui clôt intérieurement la cavité thoracique, se développe, d'après les observations de Rathke, par deux moitiés latérales, aussi bien chez les mammi-

fères que chez les oiseaux. Ces deux moitiés, d'abord assez éloignées l'une de l'autre, se voient déjà, à l'état muqueux, sur l'embryon de porc long de 14 lignes. Il offre encore, chez ce pachyderme, une division médiane irrégulière longtemps après la naissance. Dans tous les animaux, son ossification commence très tard et s'achève avec une extrême lenteur.

Les membres n'existent pas encore à l'état de vestiges, lorsque déjà la colonne vertébrale, la tête et les cavités viscérales sont constituées, mais bientôt apparaissent quatre petites languettes dont une pour chaque côté du thorax et du bassin. Chacune de ces languettes se renfle à son origine et s'aplatit à son extrémité libre, tout en conservant un léger étranglement dans son milieu. A mesure que cet appendice s'allonge, il se découpe à sa région digitale ou reste indivis, suivant les animaux. Enfin on voit se produire les inflexions qui indiquent la segmentation du membre. Mais, jusqu'à ce moment, l'évolution des membres s'est effectuée de la même manière dans tous les animaux vertébrés. C'est au milieu de la masse homogène de cellules qui constitue cet appendice que se dessinent plus tard les vaisseaux, les nerfs, les os et les muscles. Les grands rayons commencent à s'ossifier dans leur diaphyse avant qu'il paraisse des noyaux osseux dans les pièces cartilagineuses du carpe, du tarse et des dernières phalanges.

Les os en général, avant d'arriver à leur état définitif, passent préalablement par les formes muqueuses et cartilagineuses. Ils se développent soit aux dépens d'un cytoblastème homogène, comme le pense Schwann, soit dans la masse des cellules primaires de l'embryon, qui sont les mêmes pour toutes les parties de l'organisme. Ces cellules primaires se transforment en cellules ou corpuscules de cartilage (fig. 102). Celles-ci, pourvues d'un noyau et d'un contenu fluide ou demi-solide, diaphane ou opaque, suivant les cas, s'entourent d'une nouvelle membrane très épaisse et se lient les uns aux autres par une substance intermédiaire tellement peu cohérente dans le principe, qu'elle laisse les cellules se dissocier sous l'influence de la moindre pression. A mesure que l'accroissement de l'embryon fait des progrès, la matière intercellulaire prend de la consistance et s'unit plus intimement aux cellules pour former avec elles un cartilage résistant. De nouvelles cellules se développent à la fois, d'après Schwann, et à l'intérieur des premières et dans la matière amorphe qui les unit. C'est dans ce cartilage que se forme le tissu osseux, d'après le mécanisme indiqué au sujet de la nutrition.

Fig. 102 (*).



Le système musculaire se développe autour des os et commence à devenir distinct bien après que ceux-ci se sont nettement dessinés. Il ne prend pas naissance dans les lames dorsales et ventrales qui, émanées du feuillet séreux du blasto-

(*) Fig. 102 représentant, d'après Schwann l'extrémité d'un cartilage branchial de grenouille.

derme sur les côtés de l'embryon, viennent se joindre à la ligne médiane inférieure. D'après les observations de Rathke, citées par Bischoff, ce système naîtrait, de même que le squelette, dans une couche de nouvelle formation émanée des parties latérales de la ligne primitive ou de l'axe embryonnaire, couche dont les deux moitiés latérales ne tarderaient pas à se joindre sur la ligne médiane du futur sternum et de la future ligne blanche.

Les fibres musculaires se forment dans un cytoblastème diaphane muqueux ou gélatiniforme, comme celui dans lequel se développent les autres tissus de l'embryon. Les cellules à noyaux se groupent en séries linéaires, s'allongent, et il se dépose de fines granulations autour de leur noyau; la paroi des cellules se résorbant dans leur point de contact, la fibre devient un tube creux qui finit par se remplir d'une matière hétérogène, devant éprouver ultérieurement une modification fibroïde. Schwann, qui a indiqué ce mode de formation, a, sur un fœtus de trois mois, long d'environ un décimètre, vu les fibres musculaires présenter un bord sombre circonscrivant une partie interne claire, et, à des intervalles à peu près fixes, se distinguaient les noyaux et leurs nucléoles; mais plus tard la fibre devenait uniformément sombre.

Les observations de Valentin, sensiblement différentes de celles de Schwann, tendraient à démontrer que, sur les parois du tube musculaire, composé de cellules rangées en séries, il se produit des fibres longitudinales dont le développement est suivi de la résorption de la membrane des cellules primitives. Ces fibres ou ces filaments continueraient à circonscrire, mais à eux seuls, un tube renfermant les noyaux des cellules détruites.

Du tégument. — L'enveloppe cutanée est encore, de même que le squelette et les muscles, une production dérivée du feuillet animal ou extérieur du blastoderme. Elle devient distincte de très bonne heure, quoique dans le principe, elle soit très molle et à peu près transparente. Les fibres du derme naissent comme celles du tissu cellulaire dans la masse des cellules primaires. Les cellules à noyaux qui doivent les former s'allongent et se divisent en fibrilles très ténues, sur les faisceaux desquelles les noyaux persistent quelque temps, et enfin disparaissent (fig. 103). Les fibrilles une fois entièrement isolées, deviennent plus ou moins flexueuses. C'est ce que démontrent les recherches de Schwann, de Valentin, de Kölliker, etc.

Fig. 103 (*).

Le derme cutané, ainsi constitué par des fibres de même nature que celles du tissu cellulaire, perd peu à peu sa transparence, s'épaissit, et présente surtout, à

(*) Fig. 103. — *Cellules primaires, se transformant,* d'après Schwann, *en cellulaire, sur un fœtus de porc, long de sept lignes.* — *a b,* noyaux des cel

partir du troisième mois, chez le fœtus de vache, des vaisseaux sanguins très développés. Les glandes sébacées et les glandes sudoripares commencent à s'y montrer à partir de la seconde moitié de la vie fœtale, et les taches de pigment noir sont à ce moment déjà parfaitement marquées, notamment chez les fœtus de ruminants.

L'épiderme, d'abord mince et parfaitement transparent, paraît de très bonne heure. Dans le blastème qu'exhalent, à la surface cutanée, les capillaires du derme, se forment des noyaux granuleux autour desquels se dépose la paroi de la cellule. Ce revêtement protecteur éprouve déjà pendant la vie embryonnaire une desquamation marquée, car de Baer a trouvé des écailles épidermiques en très grande quantité dans cette espèce de vernis qui recouvre le corps du fœtus.

Les poils, qui apparaissent déjà dans l'embryon humain à la fin du premier tiers de la vie fœtale, se montrent même plus tôt encore chez les animaux, car Simon a reconnu des follicules pileux sur des embryons de porc qui avaient à peine quatre centimètres et demi de longueur. D'après Kölliker, les bulbes pileux sont des prolongements pleins, « en forme de bouteille, qui dérivent d'un bourgeonnement de la couche muqueuse de l'épiderme vers les parties profondes du derme. » Les cellules qui forment ces prolongements sont d'abord toutes à peu près semblables entre elles ; mais bientôt les plus internes s'allongent et se montrent sous l'aspect d'un petit cône, qui est le premier vestige du poil ; les plus externes, au contraire, restent molles et servent à constituer la paroi du follicule. Plus tard, la papille se distingue de la base du poil, et celui-ci vient faire effort sous l'épiderme et se recourbe en anse avant de traverser cette pellicule ; du moins c'est sous cette forme que Simon a vu les soies du fœtus de porc avant leur exsertion.

Les poils proprement dits ne sortent pas du tissu de la peau dans toutes les parties à la fois. Chez les fœtus de vache, ceux des sourcils, des cils, des lèvres, du voisinage du coude, du pourtour des régions phalangiennes, commencent à se montrer et à acquérir une longueur déjà considérable pendant que le reste de la peau est entièrement nu. Au commencement du dernier tiers de la vie fœtale, la peau est complétement velue, et déjà une certaine quantité de poils tombent dans les eaux de l'amnios et sont déglutis avec elles par le fœtus, qui en conserve très souvent dans son estomac. Cette première mue ne porte cependant que sur un petit nombre de poils, car on n'en trouve que très peu ou pas du tout dans le sac de l'amnios avant les derniers moments de la gestation, et ceux qui se voient dans l'estomac sont en faible proportion.

Chez quelques animaux, notamment ceux dont la vie utérine est très courte, la peau est nue au moment de la naissance, ou simplement couverte d'un duvet fin et clair-semé : les rats et les souris, par exemple.

Les productions cornées, les ongles, les sabots, les ergots et les châtaignes, commencent à se montrer de très bonne heure. Dès la fin du deuxième mois, sur le fœtus de vache, on aperçoit à l'extrémité de chaque doigt un petit tubercule conique, pâle, translucide, qui est le rudiment de l'onglon. Au commencement du quatrième mois, ou à peu près, le sabot, mieux dessiné, est devenu ferme, opaque, et a pris une belle teinte jaunâtre. A mi-terme, les taches brunes ou noires s'y montrent si le bourrelet est pourvu de plaques pigmentaires. Ce n'est que vers la fin de la gestation que l'onglon commence à prendre vers le bourrelet le reflet verdâtre

propre à la corne dépourvue de pigment; mais le reste de cette production, surtout la partie inférieure, conserve sa couleur jaune au moment de la naissance. Chez les solipèdes, les châtaignes se montrent, à mi-terme, sous forme de plaques minces, brunâtres, qui ne tardent pas à se foncer davantage.

La substance cornée se développe aux dépens du blastème que les capillaires du derme modifié versent à la surface de ce dernier. Dans ce plasma, naissent des cellules à noyau qui se pressent les unes contre les autres, deviennent polygonales, s'aplatissent, perdent peu à peu leur noyau et se confondent entre elles. Plus tard, les cellules de nouvelle formation se moulent sur les papilles du bourrelet, du tissu villeux de la face plantaire du pied des solipèdes, des ruminants, et donnent à la corne la texture tubuleuse si évidente pendant la vie extra-utérine.

Ces productions cornées sont en partie sujettes à une mue analogue à celle de l'épiderme et des poils. Ainsi, le premier onglon ou le premier sabot, très petit, pâle et translucide, poussé par une corne nouvelle et jaunâtre, se détruit; l'onglon ou le sabot jaunâtre, qui, à la naissance, forme l'extrémité libre du pied, est aussi bientôt à son tour ébranlé et détaché, soit en totalité, soit le plus souvent par lambeaux irréguliers qui laissent à nu la partie cornée, ferme, dont la croissance continue.

Du système vasculaire. — Les canaux qui distribuent le sang aux diverses parties de l'embryon, ne présentent pas, dans leur ensemble, la même disposition à tous les âges de la vie embryonnaire. Ils forment, dans le principe, un appareil circulatoire très simple qui entre en fonction pendant qu'un autre appareil plus compliqué se développe pour agir pendant le reste de la vie fœtale.

Dès que l'embryon, qui s'est dessiné dans l'épaisseur du feuillet séreux blastodermique, a commencé à se soulever, et que ses parties latérales sont arrivées à la rencontre l'une de l'autre, il se développe entre les deux feuillets primitifs du blastoderme, l'externe et l'interne, une couche de cellules bientôt réunies en une membrane nouvelle appelée *feuillet vasculaire*. Dans l'épaisseur de ce feuillet de nouvelle formation, apparaît au-dessous de la partie antérieure de l'embryon un cylindre qui est le premier rudiment du cœur. De l'extrémité antérieure de celui-ci, partent deux branches qui se rendent à l'embryon où elles deviendront les deux premiers arcs aortiques, et de son extrémité postérieure, se détachent de même deux autres branches qui sont les futures veines omphalo-mésentériques. C'est là ce que Bischoff a vu sur des embryons de chien et de lapin dont la longueur ne dépassait pas deux lignes. A ce moment, le cœur et les vaisseaux que l'on aperçoit dans l'*area vasculosa*, autour de l'embryon, sont formés par des cellules peu adhérentes entre elles : ils n'ont point encore de cavité. Mais bientôt les cellules extérieures du cœur et des vaisseaux se rapprochent et s'unissent entre elles pour former des parois à l'intérieur desquelles se creuse une cavité ; puis, dans cette cavité, les cellules restées libres se mettent en mouvement, se modifient, et ne tardent pas à faire place aux globules sanguins.

Par les progrès ultérieurs, extrêmement rapides, de ces formations vasculaires, les voies de la première circulation se complètent. Les deux branches antérieures du canal cardiaque ou du cœur prennent l'aspect de deux arcs aortiques qui s'incurvent sous l'embryon d'avant en arrière et le longent dans toute son é

dessous de la tête et de la colonne vertébrale futures. De ces arcs aortiques s'échappent des ramifications collatérales qui sortent de l'embryon et viennent s'étaler dans le blastoderme. Parmi ces dernières, il s'en trouve deux plus grandes que les autres qui constituent les artères omphalo-mésentériques. Toutes ces divisions émanées des arcs aortiques passent de l'embryon dans le blastoderme, dont une partie deviendra la vésicule ombilicale et aboutissent à la veine terminale qui limite circulairement l'aire vasculaire, à une certaine distance de l'embryon. Enfin, de la veine terminale et des divers points du blastoderme, partent des canaux veineux qui se réunissent en deux troncs pour former les futures veines omphalo-mésentériques destinées à ramener le sang au cœur.

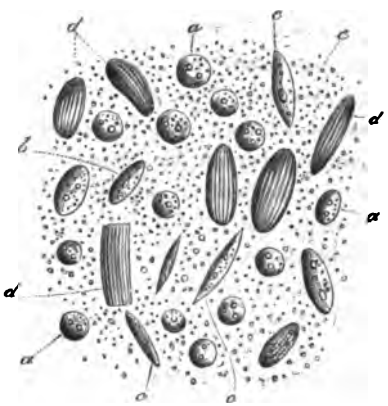
Cette première forme du système vasculaire est portée à son plus haut degré de développement chez les oiseaux où la vésicule ombilicale renferme le jaune de l'œuf. La circulation qui en dépend a, chez tous les ovipares, une importance capitale à toutes les périodes de la vie fœtale ; mais elle devient accessoire chez les mammifères dès que la circulation utéro-placentaire ou des vaisseaux ombilicaux est établie. Elle persiste jusqu'à la naissance chez le chien, le chat, les autres carnassiers et les rongeurs ; car, chez ces animaux, la vésicule ombilicale et ses vaisseaux ne s'atrophient point pendant la vie fœtale. Seulement, il n'y a plus qu'une artère omphalo-mésentérique qui dérive du tronc de la mésentérique, et une veine qui va se joindre à la veine porte en arrière du foie. Elle persiste peut-être encore pendant la première moitié de la vie utérine dans les solipèdes, mais elle cesse, comme on le sait, de très bonne heure dans les ruminants où la vésicule ombilicale disparaît promptement.

Le premier système circulatoire paraît se développer simultanément en plusieurs points. Le cœur, qui devient distinct avant tout le reste à cause de ses proportions et de ses mouvements, n'est nullement un point de départ pour le développement des artères, ni un aboutissant pour celui des veines. Peu après sa formation, alors qu'il se montre encore sous la forme d'un tuyau cylindrique plus ou moins court, il éprouve des resserrements et des dilatations qui se succèdent d'abord à de rares intervalles, puis à des intervalles de plus en plus rapprochés. C'est sous ce premier état de *punctum saliens* qu'il a été aperçu dans le poulet par Aristote, et plus tard, par Fabrice d'Acquapendente, Harvey, Haller, et une foule d'observateurs. Ce cœur devient bientôt sinueux, il s'infléchit en S et se dilate en trois points : l'une de ces dilatations forme les ventricules ; l'autre, les oreillettes ; et la troisième, le renflement ou bulbe de l'aorte. Le renflement ventriculaire qui, d'abord, n'a qu'une seule cavité, présente bientôt une trace de division : d'après Hausmann, il paraît à sa surface externe dès le dix-neuvième jour sur l'embryon de la brebis, et dès le vingt-cinquième, sur celui de la jument, un sillon très prononcé, et en même temps il s'élève du fond de la cavité ventriculaire simple une cloison qui, plus tard, arrive au niveau de la scissure coronaire, et donne lieu, par sa présence, à la formation de deux ouvertures auriculo-ventriculaires : l'une, pour le ventricule droit ; l'autre, pour le gauche. Le renflement auriculaire montre, comme première trace de division, deux saillies extérieures, qui ne sont autre chose que les auricules, puis, lorsque la cloison inter-ventriculaire est achevée, celle des oreillettes se forme, mais cette dernière reste incomplète. Son ouverture, connue sous le nom de *trou*

de Botal ou de *trou ovale*, est garnie d'une valvule dont nous parlerons plus tard. Enfin, le troisième renflement cardiaque formant le bulbe aortique, se rétrécit peu à peu ; dans son intérieur, se forme une cloison qui divise le cylindre primitif en deux cylindres secondaires, dont l'un devient l'aorte proprement dite, et l'autre, l'artère pulmonaire, une fois que la cloison médiane des ventricules est achevée.

Les parois du cœur, d'abord formées de cellules semblables à celles des parties environnantes, se recouvrent très vite d'une couche musculaire dont l'épaisseur augmente progressivement. Les fibres contractiles de cet organe résultent, comme celles des muscles du squelette, de la métamorphose des cellules primaires, métamorphose dont les variantes indiquées par Valentin, Lebert, etc., sont peu importantes.

Fig. 104 (*).



Le cœur passe ainsi, comme on le voit, avant d'arriver à sa disposition définitive, par des formes qui appartiennent aux vertébrés inférieurs. Primitivement, alors qu'il a un seul ventricule, une seule oreillette et un bulbe aortique, il est un véritable cœur de poisson ; plus tard, lorsque ses cloisons se développent, il est semblable au cœur de certains reptiles ; enfin, quand les cavités droites sont entièrement séparées des cavités gauches, et que le bulbe aortique est effacé, il devient cœur d'oiseau et de mammifère.

Le système artériel passe, dans plusieurs de ses parties, par des formes successives avant d'arriver à celle qui lui appartient aux dernières périodes de la vie fœtale. A l'époque à laquelle le cœur est un simple canal cylindrique, ses deux branches antérieures se recourbent sous l'embryon et se portent de son extrémité céphalique vers son extrémité caudale après s'être réunies en un seul tronc aortique, qui, plus tard, se divise de nouveau : ce sont là les deux arcs aortiques primitifs donnant naissance aux artères omphalo-mésentériques. Plus tard, lorsque les arcs branchiaux ou viscéraux, qui donneront naissance aux différentes parties de la face et de l'appareil hyoïdien, se sont développés, il part du renflement cardiaque supérieur (bulbe aortique) deux nouveaux arcs : l'un à droite, l'autre à gauche ; puis encore en arrière de ceux-ci, d'autres arcs qui ceignent la cavité pharyngienne et se réunissent en deux troncs communs, un de chaque côté, et desquels naît la crosse de l'aorte. Ces arcs, qui seraient au nombre de cinq, d'après de Baer, chez les mammifères et les oiseaux, et de trois seulement, suivant Reichert, se développent successivement d'avant en arrière et s'effacent dans le même ordre, de telle sorte que les premiers ont disparu au moment où les derniers se dessinent.

(*) Fig. 104 représentant, d'après M. Lebert, le tissu du cœur d'un poulet de soixante-douze heures. — *a a*, noyaux des globules organo-plastiques ; *b b*, noyaux allongés ; *c c*, corps fusiformes ; *d d*, faisceaux rudimentaires ; *e e*, substance intercellulaire grenue.

Mais les trois derniers, au lieu de s'effacer comme ceux qui les ont précédés, éprouvent des métamorphoses spéciales. D'après de Baer (1), chez les mammifères, « les deux arcs antérieurs se convertissent en artères carotides et en sous-clavières; le second de gauche devient l'aorte; celui de droite s'oblitère; le troisième devient de chaque côté l'artère pulmonaire. »

En ce qui concerne le développement des artères du corps, il importe de noter que l'artère vitelline ou omphalo-mésentérique naît de l'aorte par un tronc commun avec la grande mésentérique, et que celle-ci, d'abord la plus petite, dépasse de beaucoup la première pendant les périodes subséquentes de la vie embryonnaire. De même les deux artères ombilicales naissent chacune de l'aorte par un tronc commun avec l'iliaque interne correspondante qu'elles dépassent en volume pendant très longtemps.

Le système veineux présente, comme celui des artères et dans les parties centrales, des formes successives diverses avant d'arriver à son état définitif. Primitivement, l'embryon possède deux troncs veineux antérieurs et deux postérieurs. L'antérieur et le postérieur de chaque côté se confondent ensemble en un seul appelé *canal de Cuvier*. A leur tour les deux canaux de Cuvier, le droit et le gauche, s'anastomosent entre eux par un conduit très court ouvert dans l'oreillette alors sans trace de cloison. Cette forme transitoire, qui persiste pendant toute la vie chez les poissons, a dans l'embryon du mammifère une courte durée. L'anastomose des deux canaux de Cuvier se confond avec les oreillettes dès que celles-ci se séparent l'une de l'autre, et ces derniers s'ouvrent tous les deux dans l'oreillette droite. Le canal droit résultant de la jonction de la veine cave antérieure et de l'azygos, persiste constamment plus ou moins modifié. Le gauche, qui primitivement était semblable au premier, s'oblitère en partie ou se confond avec celui-ci.

La veine vitelline ou omphalo-mésentérique, dont la formation remonte à l'origine des premières parties du système vasculaire, vient se terminer isolément à l'oreillette entre les canaux précités; mais lorsque le foie est constitué, la veine vitelline lui donne des divisions et en reçoit à son tour de cet organe. Plus tard apparaissent la veine porte et la veine cave postérieure, qui se rendent au cœur par un tronc unique résultant de la dilatation de la veine vitelline primitive.

Enfin la veine ombilicale, dont le développement est en corrélation avec celui de l'allantoïde et du placenta, va primitivement se joindre à la veine vitelline. Plus tard, lorsque les vaisseaux dont nous parlons sont profondément modifiés, la veine ombilicale se continue sans nulle démarcation avec le tronc de la veine porte; de plus, entre le tronc anastomotique de ces deux veines et la veine cave postérieure, une large communication est établie par le canal veineux d'Aranzi, qui existe dans la plupart des animaux mais qui, d'après mes observations, manque chez les solipèdes, au moins pendant la dernière moitié de la vie fœtale.

De l'appareil respiratoire.— D'après de Baer, Valentin, Müller, les poumons se développeraient comme une dépendance du canal intestinal, sous forme de deux petits tubercules creux ouverts dans l'œsophage, tubercules se continuant avec un canal commun qui sera la trachée-artère. Ce mode de formation, que divers

(1) Bischoff, *Traité du développement de l'homme et des mammifères*, Paris, 1843, p. 261.

observateurs n'ont pu reconnaître, pourrait peut-être trouver un argument en sa faveur dans une disposition anormale que j'ai constatée sur un veau presque à terme, savoir, une large communication entre le pharynx et l'œsophage d'une part, le larynx et la trachée de l'autre. L'œsophage et la trachée formaient à eux deux un canal complet dont la moitié postérieure était constituée par le premier, et l'antérieure par la seconde.

Suivant Reichert et Bischoff, les poumons dérivent d'une petite masse de cellules ou de deux tubercules placés à la surface externe du tube intestinal, au-dessus du point où se développera ultérieurement l'estomac. Dans ces deux tubercules, formés d'un blastème cellulaire homogène, se creusent d'abord deux cavités qui deviendront les deux tuyaux bronchiques principaux, puis ces deux cavités s'étendent de plus en plus en se ramifiant dans la masse pulmonaire à mesure que celle-ci augmente de volume, et enfin, plus tard, les vésicules pulmonaires paraissent comme des culs-de-sacs des divisions bronchiques les plus déliées.

La trachée se développe aussi suivant un mode qui n'est pas encore fixé. Rathke prétend qu'elle paraît sous la forme d'une couche muqueuse d'abord pleine, étendue à la partie antérieure de l'œsophage depuis le futur larynx jusqu'aux poumons, couche à l'intérieur de laquelle se creuse une cavité. Reichert croit que la trachée dérive de deux languettes blanchâtres qui, élevées des poumons, se réunissent plus tard sur la ligne médiane.

Le thymus, qui a des rapports topographiques intimes avec l'ensemble des organes de la respiration, est une glande qui procède, d'après Arnold, de la muqueuse respiratoire. Elle se montre primitivement au point où se développe le larynx et, à mesure qu'elle croît, descend sur le trajet de la trachée jusque dans la cavité thoracique. Bischoff l'a vu sur un embryon de vache long de un peu plus de 2 centimètres, sous la forme de deux larges languettes accolées l'une à l'autre en avant de la trachée. Le développement de ses cellules glandulaires est sans doute analogue à celui des cellules des autres glandes sans canaux excréteurs.

Du canal intestinal et de ses annexes. — La formation du tube digestif dans l'embryon des oiseaux, et même dans celui des mammifères, est une des formations les plus simples et les mieux étudiées, quoiqu'elle ait lieu à une époque très reculée. Wolff, Pander, de Baer et Bischoff l'ont exposée avec détail. Ce dernier observateur l'a décrite avec une grande clarté.

Le canal intestinal commence à se former après l'apparition des premiers linéaments des centres nerveux et de l'appareil vasculaire, alors que l'embryon, encore à peu près plat et discoïde, ne s'est pas détaché du blastoderme. A ce moment, les deux extrémités de l'embryon se soulèvent et se recourbent sur elles-mêmes vers le centre de la vésicule pour constituer le capuchon céphalique et le capuchon caudal. L'amnios naît des plis qui se détachent du feuillet externe ou animal du blastoderme. Les feuillets vasculaire et muqueux de celui-ci se séparent du premier et s'en éloignent sensiblement sur les côtés. Ces deux derniers, accolés l'un à l'autre et isolés de la face antérieure de l'embryon, vont s'insinuer au fond de chaque capuchon, puis ils se ploient d'un côté à l'autre sous forme d'une gouttière longitudinale largement ouverte par en bas. Sur la ligne médiane les deux feuillets restent adhérents à l'embryon, mais ils s'écartent un peu l'un de

l'autre, et le vasculaire, en s'accolant avec lui-même, forme le **mésentère**, puis après la formation de ce repli, ils se réappliquent de nouveau l'un sur l'autre. Les deux bords de la longue gouttière qu'ils constituent continuant à se rapprocher, se soudent ensemble, peu à peu, des extrémités vers la partie moyenne, de sorte que le demi-canal se convertit en canal complet. Mais, en un point de la longueur de l'intestin, les deux bords opposés à l'attache du mésentère ne s'unissent pas ensemble, c'est là qu'ils se continuent avec le reste des deux feuillets blastodermiques qui forme la vésicule ombilicale, sorte d'appendice ou de diverticule de la cavité digestive. La portion des feuillets vasculaire et muqueux, qui établit cette continuité entre l'intestin et la vésicule vitelline, prend l'aspect d'un canal de plus en plus étroit appelé omphalo-mésentérique, dont l'oblitération et enfin la disparition complète auront lieu plus tard et seront suivis, à un intervalle variable, de l'oblitération des vaisseaux omphalo-mésentériques.

Le tube intestinal dans les premiers temps est à peu près d'un calibre uniforme et d'une longueur égale à celle de l'embryon lui-même ; plus tard il s'allonge, décrit des sinuosités, s'éloigne de la future colonne vertébrale ; la portion qui s'étend depuis la tête jusque vers le conduit omphalo-mésentérique devient la bouche, le pharynx, l'œsophage et l'estomac ; la portion moyenne devient l'intestin grêle, et la dernière le gros intestin et le rectum, d'où naîtra l'allantoïde. Cette série de métamorphoses a été suivie, dès son début, sur l'œuf des oiseaux par Wolff, Pander, de Baer, et d'une manière moins complète sur l'embryon des mammifères par ce dernier observateur, par Bischoff, M. Coste, etc.

Les différentes parties du tube digestif se dessinent peu à peu et avec plus ou moins de rapidité. La bouche, représentée d'abord par une grande ouverture, devient étroite, une fois que les mâchoires et les autres parties de la face se sont développées aux dépens des arcs branchiaux. L'œsophage, d'abord réuni à la trachée, s'en sépare bientôt ; l'estomac se prononce sous forme d'une dilatation longitudinale, qui augmente progressivement de volume, se courbe sur elle-même, et devient transversale. Celui des ruminants, d'après Bischoff, est « d'abord simple, et ses divisions s'annoncent par des échancrures qui deviennent graduellement de plus en plus profondes. » L'intestin, qui, d'abord, naît tout d'une venue, ne tarde pas à se montrer avec ses régions distinctes. Le cœcum commence à poindre de bonne heure, suivant de Baer, sur les animaux à sabots, sous la forme d'une petite saillie très rapprochée du conduit omphalo-mésentérique. Le rectum laisse voir à une époque reculée l'allantoïde se détacher de lui comme un appendice qui s'isolera complétement dans la suite.

Tout ce qui, dans le tube intestinal, se rapporte à la structure, passe par les phases d'un développement progressif. Les tuniques de l'estomac et de l'intestin se montrent de bonne heure avec leurs caractères définitifs ; la membrane péritonéale se produit aux dépens d'un cytoblastème transparent, riche en cellules et en noyaux de cellules. Le plan musculaire paraît aussi naître de cellules qui se métamorphosent, et non comme le pense Valentin, de fibres se produisant immédiatement dans un plasma homogène. La muqueuse est, dans le principe, très épaisse et composée de deux couches, l'une profonde, vasculaire, de laquelle s'élèvent les villosités ; l'autre superficielle, épithéliale, qui se détruit ultérieurement par desquamation. Les plis muqueux de la caillette des ruminants, ceux du feuillet, les

cellules du réseau, les papilles de la panse des mêmes animaux, se distinguent de très bonne heure. Les glandules de l'intestin grêle et du gros intestin sont parfaitement caractérisées vers le milieu de la vie embryonnaire.

Les organes glanduleux annexés à l'appareil digestif, les glandes salivaires, le foie, le pancréas paraissent, d'après la plupart des micrographes, avoir pour point de départ le canal intestinal lui-même. Suivant Bischoff, qui a fait de nombreuses observations sur de très jeunes embryons de vache, de chien et de rat, la première chose qu'on remarque au point où se trouvera la glande future, est une petite bosselure de la membrane interne qui se porte peu à peu au dehors, poussant devant elle la membrane externe; alors, on voit un petit tubercule saillant à l'extérieur. Celui-ci n'a d'abord aucune trace de cavité, mais à mesure qu'il augmente de volume, sa masse se creuse de canaux diversement ramifiés, et cela, soit par une condensation des cellules sur les lignes des futures parois, soit par une dissolution ou une liquéfaction de ces cellules dans les trajets qui deviendront conduits excréteurs.

Ce mode de développement n'appartiendrait pas, d'après quelques micrographes, à toutes les glandes. Certaines d'entre elles, les salivaires par exemple, au lieu de naître d'un refoulement au dehors ou d'une exsertion des parois de la partie supérieure du canal digestif, se formeraient, comme beaucoup d'autres parties, aux dépens d'un blastème homogène, dans lequel se creuseraient ultérieurement les canaux excréteurs. Mais la dissidence entre ces deux manières de voir n'est pas très considérable, puisque les masses qui doivent servir à la formation des glandes font corps avec les parois du tube digestif à mesure qu'elles se développent.

Les glandes salivaires que Rathke fait dériver de tubercules élevés sur les parois externes de la partie supérieure du tube digestif, ont, suivant Müller, leur point de départ dans le blastème commun. Primitivement, leurs canaux sont pleins; plus tard ils se creusent des cavités et se dilatent en petites ampoules à l'extrémité de leurs ramifications les plus ténues. Parmi elles, la sous-maxillaire est la première qui se dessine entièrement sur un embryon de vache de douze lignes. Bischoff a déjà aperçu des renflements aux extrémités des canaux excréteurs qui n'avaient point encore de cavité.

Le pancréas commence, d'après Reichert, à poindre avant les glandes salivaires, sous la forme d'un bourgeon plein, à la surface externe de l'intestin. Sur un embryon de vache long de huit lignes, Bischoff a vu le blastème du pancréas se confondre avec celui de la rate. Le conduit excréteur, qui n'avait encore qu'une seule branche, portait sur les côtés douze à quatorze renflements arrondis.

Le foie est un des organes qui se distinguent le plus tôt et qui se développent le plus vite chez les embryons de toutes les classes de vertébrés. Cependant l'époque de son apparition est postérieure à celle des centres nerveux, du cœur, du tube digestif, des corps de Wolff, etc. Depuis longtemps, on le considère comme dérivant d'une exsertion ou d'un refoulement en dehors des parois de l'intestin. Au début, c'est-à-dire au troisième jour, dans l'embryon des oiseaux, ses rudiments deviennent apparents, d'après les observations de de Baer. Suivant Bischoff, qui a étudié l'évolution de cet organe dans le fœtus du chien et dans celui du lapin (1), le

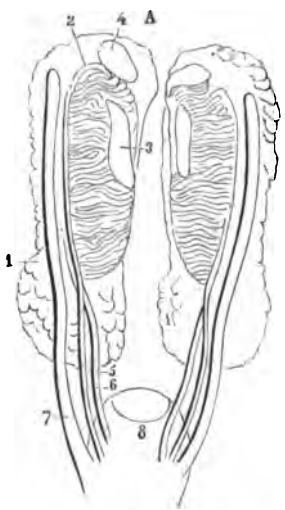
(1) *Traité du développement*, 2e partie, p. 528 et suiv.

foie paraît à quelque distance de l'estomac sous la forme de deux petites bosselures résultant du soulèvement de la couche interne du tube intestinal ; ces bosselures, qui deviendront les deux principaux lobes du foie, sont au nombre de cinq chez l'embryon du rat et s'étendent dans le blastème commun. Primitivement, ces éminences sont pleines, et ce n'est que plus tard qu'il se creuse dans leur intérieur des canaux excréteurs.

L'accroissement du foie s'opère avec une très grande rapidité par le fait des nombreuses connexions qui s'établissent entre lui et le système vasculaire. Dans les premiers temps de sa formation, cet organe entoure le tronc de la veine omphalo-mésentérique, en reçoit des divisions et lui en donne à son tour. Plus tard, lorsque la circulation placentaire s'établit, la veine ombilicale va dans sa substance s'anastomoser avec la veine porte et s'unir par un système capillaire et par le canal veineux avec le tronc de la veine cave postérieure. Alors le foie, reconnaissable à sa couleur rouge et à travers les parois abdominales transparentes, remplit la plus grande partie de la cavité qui loge les viscères digestifs.

Des organes urinaires et génitaux. — Après que l'intestin est formé et avant qu'on aperçoive encore aucune trace des organes génito-urinaires, il apparaît sur les côtés de la colonne vertébrale, à partir du cœur, jusqu'à l'extrémité caudale de l'embryon, un organe énigmatique pair, que C.-F. Wolff a découvert, et auquel il a donné son nom. Ce double organe, encore appelé *reins primordiaux*, procède, d'après de Baer et Rathke, du feuillet vasculaire du blastoderme. Il se montre au début, suivant Bischoff, sous la forme de deux languettes de blastème, une à droite, l'autre à gauche de la colonne vertébrale. Dans ces languettes se montrent de petits cylindres creux, ou de petits tuyaux parallèles entre eux et perpendiculaires à l'axe de l'embryon. Ces tuyaux se mettent en communication avec un canal excréteur assez large qui longe le côté externe de l'organe. Plus tard, ces canalicules, qui étaient primitivement sans cavités, devenaient sinueux et quelquefois se pelotonnaient sur eux-mêmes, et dans leurs intervalles se montraient des vaisseaux sanguins parallèles aux petits canaux (fig. 105).

Fig. 105 (*).



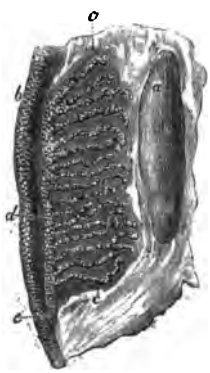
Ces corps de Wolff ont bien évidemment une structure glandulaire. Leurs petits canaux, ou canalicules transversaux, que l'on est parvenu à injecter, même sur des embryons de 5 à 6 centimètres de longueur, communiquent avec leur canal excréteur longitudinal plein d'un fluide blanchâtre, canal ouvert dans le cloaque chez les oiseaux et chez les mammifères dans la partie de l'allantoïde qui se transforme en vessie urinaire.

(*) Fig. 105 représentant, d'après Müller, les corps de Wolff et les organes génito-urinaires d'un embryon mâle de poulet. — 1, reins ; 2, corps de Wolff ; 3, testicules ; 4, capsule surrénale ; 5, uretère ; 6, conduit du corps de Wolff ; 7, oviducte ; 8, cloaque.

Les reins primordiaux éprouvent de grandes modifications pendant le cours de la vie embryonnaire. D'abord ils se raccourcissent beaucoup et se retirent dans la cavité abdominale, couvrent les reins et prennent la forme d'un haricot, et quelquefois celle d'une pyramide triangulaire. Bientôt, ils cessent de croître et s'atrophient. Déjà, au deuxième mois, il n'en reste plus que des traces chez le fœtus humain. Ils subsistent plus longtemps chez les embryons de mammifères, comme on peut le voir par la figure (fig. 106) qu'en a donnée M. Follin chez le cochon d'Inde. On les voit pendant toute la vie fœtale chez les oiseaux et la plupart des reptiles. Enfin, chez les poissons, ils continueraient à fonctionner toute la vie et tiendraient lieu des reins que possèdent les autres vertébrés.

Les corps de Wolff laissent des vestiges de leur existence chez les femelles des mammifères après la naissance et pendant toute la durée de la vie. Chez la femme, les restes des canalicules attachés au ligament de l'ovaire forment l'organe de Rosenmuller, qui est énorme dans la jument. Il part de leur canal excréteur commun, ou du point qu'il occupait, un ligament signalé par Müller, et se dirigeant vers l'anneau inguinal. Ce ligament, fort distinct chez les femelles solipèdes, est un tube péritonéal creux, analogue au *gubernaculum testis*, tube dans lequel est enfermé un faisceau musculaire délié, rappelant le crémaster, et dérivant comme lui de l'ilio-abdominal. Les canaux excréteurs des corps de Wolff sont regardés par quelques anatomistes comme constituant les canaux de Gaertner, souvent si développés chez la vache, où chacun d'eux peut quelquefois être suivi, sur une assez grande étendue des parois du vagin et de l'utérus, à partir du niveau du méat urinaire.

Fig. 106 (*).



Les reins dont la formation est postérieure à celle des corps de Wolff, se développent dans le feuillet séreux du blastoderme, sur les côtés de la colonne vertébrale; mais, d'après Bischoff, au lieu de dériver de ce feuillet, ils naissent d'un dépôt secondaire en arrière des corps de Wolff, qui les masquent complétement. Valentin les a aperçus déjà sur des embryons de porc longs de 5 lignes, et Rathke, sur un embryon de cheval de 6 lignes de longueur. Ces organes, d'abord lisses et ovoïdes, présentent plus tard chez le fœtus de vache et de quelques autres animaux, des sillons qui leur donnent l'aspect d'une petite grappe de raisin.

La texture glandulaire se développe progressivement dans les reins comme dans les autres organes sécréteurs. Rathke dit qu'à l'origine, ils se montrent sous l'aspect de renflements claviformes qui, plus tard, se creusent de canalicules urinifères. Plus tard, dans chaque lobule, se forme un petit bassinet chez les animaux qui ont les reins lobulés. Enfin, ces organes se mettent en rapport avec les uretères, qui, d'après quelques observateurs, n'existaient pas encore au moment de la formation des reins.

(*) Fig. 106. — *Corps de Wolff d'un cobaye femelle à mi-terme.* — *a*, ovaire; *b*, trompe de Fallope; *c c*, canalicules du corps de Wolff; *d*, leur canal excréteur commun.

La vessie résulte de la métamorphose de la portion abdominale de l'allantoïde, ainsi qu'il a été dit précédemment. La vésicule allantoïde, née de la partie anale de l'intestin avec laquelle elle communique d'abord, et de laquelle elle s'isole bientôt, se trouve étranglée à l'ombilic lorsque les lames ventrales rapprochées viennent clore la cavité abdominale. La partie incluse dans l'abdomen, ou la future vessie, reçoit les canaux excréteurs des corps de Wolff, les uretères, se revêt de plusieurs couches membraneuses, et bientôt elle acquiert un orifice particulier, à la région périnéale, au-dessous de l'anus. Jusqu'à ce moment, et tant que la vessie demeurait en communication avec l'intestin, l'embryon du mammifère était, suivant la remarque de Bischoff, pourvu d'un cloaque transitoire, analogue au cloaque permanent des vertébrés ovipares.

Les testicules ne peuvent être, d'après Bischoff, considérés comme des produits immédiats du feuillet vasculaire blastodermique. Ils apparaissent après les corps de Wolff, et avant les reins, sous la forme de deux languettes oblongues dans un blastème blanchâtre composé de petites cellules et de noyaux de cellules. La glande, située au côté externe des corps de Wolff, parallèlement à l'axe du rachis, montre de très bonne heure, suivant Valentin, les premiers rudiments des conduits séminifères. Ceux-ci seraient déjà distincts sur des embryons de porc longs de deux pouces à deux pouces et demi. Peu après, se développent la tunique albuginée et l'enveloppe péritonéale, pendant que le testicule est renfermé dans la cavité abdominale.

Le testicule, primitivement placé à la région sous-lombaire, et bientôt fixé au flanc vers l'entrée du bassin par un long repli péritonéal, finit, à une époque variable de la vie fœtale, ou seulement après la naissance, par s'engager dans le trajet inguinal et descendre dans les bourses. Cette migration sur le mode et les causes de laquelle on a beaucoup écrit depuis Hunter, peut être facilement comprise en comparant ce qui se passe chez le fœtus de la plupart des animaux avec ce qui existe pendant toute la vie chez quelques-uns d'entre eux.

Or, chez le hérisson et le cochon d'Inde qui ont les testicules dans l'abdomen, il n'y a pas de bourses extérieures. Le testicule est fixé dans la cavité abdominale par deux replis continus l'un à l'autre : le premier, qui est très long, part du bassin et de la région sous-lombaire et comprend, entre ses deux lames, les vaisseaux testiculaires et le canal déférent ; le second, qui est plus court et plus épais, s'étend du pourtour de l'anneau inguinal à la queue de l'épididyme. Celui-ci a la forme d'un tube creux, d'une sorte de cornet un peu plissé transversalement, dont la partie évasée s'ouvre dans le trajet inguinal et la partie étroite est fixée au testicule ; l'intérieur de ce cornet est tapissé par le muscle crémaster plus ou moins développé, et par un tissu cellulaire fibreux très abondant au voisinage de la queue de l'épididyme. Ce cylindre creux, qui s'allonge et devient rectiligne quand on tire le testicule vers la région sous-lombaire, n'est autre chose que la gaîne vaginale encore renfermée dans l'abdomen. En poussant le testicule dans l'anneau inguinal, le tube péritonéal est entraîné devant lui, traverse l'anneau et vient faire hernie dans la région scrotale. La face lisse et externe du tube devient interne, et par contre, sa face interne, tapissée par le crémaster, devient externe. En ramenant ensuite le testicule et sa gaîne séreuse dans l'abdomen, on rétablit les choses dans l'état où elles se trouvaient auparavant.

Dans le fœtus, la disposition du testicule et de la gaîne vaginale est transitoirement

ce qu'elle est d'une manière permanente chez le hérisson et le cochon d'Inde, et l'inversion que nous produisons artificiellement sur ces derniers, se produit spontanément, soit pendant la vie fœtale, soit quelque temps après la naissance.

En effet, chez les fœtus de solipèdes à mi-terme, ou à peu près, et qui n'ont point encore la peau velue, les testicules ne sont pas encore descendus dans les bourses. Celles-ci existent néanmoins, quoique peu profondes : chacune d'elles forme un doigt de gant ouvert du côté de l'anneau inguinal, fermé inférieurement, tapissé en dedans par le péritoine, en dehors, par le crémaster. Elles ne contiennent que les premières sinuosités de l'épididyme attachées à un renflement cellulaire qui adhère au fond des bourses, et qui est, comme ces dernières, revêtu d'un feuillet séreux. L'épididyme commence à se former par quelques flexuosités du canal déférent, analogues à celles des trompes utérines, et très loin du testicule. Or, les choses étant ainsi disposées, si on refoule la gaîne vaginale de dehors en dedans, de manière à la faire rentrer dans l'abdomen, on a exactement ce qui existe chez le hérisson, le cochon d'Inde, et ce qui existait aussi chez le fœtus très jeune. La gaîne vaginale, dans l'abdomen, forme un tube creux, ayant le testicule à son extrémité fermée, et l'anneau inguinal à son extrémité béante, sa face externe libre et sa face interne tapissée par le muscle crémaster. A ce moment, si l'on refoule de dedans en dehors l'épididyme, la gaîne se renverse sur elle-même, franchit l'anneau inguinal, et le crémaster, précédemment à l'intérieur de cette gaîne, se retrouve à l'extérieur. A l'âge auquel on fait ces observations, c'est-à-dire à peu près à mi-terme, il y a impossibilité matérielle à la sortie du testicule hors de l'abdomen : le testicule, dont le poids est alors de 35 à 40 grammes, a un diamètre transversal trois fois aussi grand que celui de l'anneau inguinal.

D'après cela, il est facile de concevoir le mécanisme de la descente du testicule et de la formation de la gaîne vaginale. En effet, lorsque par les progrès de l'accroissement, le repli péritonéal dans lequel est renfermé le testicule avec ses vaisseaux et son canal excréteur est devenu assez grand pour amener les organes près des parois inférieures de l'abdomen, le crémaster commence à agir. Ce muscle tire sur la gaîne, la plisse, la renverse de dedans en dehors en entraînant d'abord la queue de l'épididyme, et plus tard, le testicule lui-même, qui se rapproche de l'épididyme dont la condensation est progressive.

Mais, dans ce mécanisme, il faut bien se garder de tout rapporter à l'intervention du crémaster. Avant que ce muscle puisse agir, le travail nutritif a allongé le large frein péritonéal qui attache le testicule aux parois de l'abdomen, et a amené cette glande vers l'entrée du bassin et de l'anneau inguinal. Le crémaster vient achever le déplacement une fois qu'il a acquis assez de force pour remplir ce rôle. La meilleure preuve à donner de la participation du travail d'accroissement à cette migration, est que chez les grands ruminants, le testicule est déjà entièrement dans les bourses à la fin du premier tiers de la gestation : il y est même alors tellement enfermé, qu'il est fort difficile, en raison de l'étroitesse de l'anneau inguinal, de le faire rentrer dans l'abdomen, et jusqu'à cette époque, le crémaster est pâle, extrêmement mou, et fort difficile à distinguer.

Quelquefois, il arrive chez les solipèdes, chez le chien, et d'autres animaux, que les deux testicules, ou un seul d'entre eux, restent pendant toute la vie dans l'abdomen.

Alors on remarque, du moins je l'ai vu plusieurs fois, que le tube creux intra-abdominal est réduit à un petit cordon très grêle, sans trace de cavité, ou avec une cavité très étroite, dans laquelle on reconnaît avec peine quelques fibres pâles du muscle crémaster atrophié. Dans ce cas, c'est évidemment à l'étroitesse de cette gaîne vaginale non renversée, et à l'atrophie du crémaster, qu'est due l'impossibilité de la descente du testicule.

En réfléchissant à ce que je viens de dire, on voit sans peine que le gouvernail, le *gubernaculum testis* décrit par Hunter, est bien, comme le croyait ce savant anatomiste, un repli péritonéal creux dans lequel le testicule est entraîné hors de l'abdomen, sinon exclusivement, du moins en partie par le muscle crémaster.

Les canaux déférents, qu'on a considérés comme résultant d'une métamorphose des conduits excréteurs des corps de Wolff, se développent, d'après Bischoff, dans un blastème accolé à ces derniers canaux. La partie la plus voisine du testicule n'a d'abord que de légères flexuosités. Ce n'est que par la suite qu'elle se plisse pour former l'épididyme ; ce plissement a lieu même assez tard chez les fœtus des solipèdes, comme je l'ai observé, et dès qu'il a formé à une certaine distance du testicule un commencement d'épididyme, celui-ci est entraîné dans la gaîne vaginale où le testicule parviendra longtemps après lui.

Au point de jonction des voies génitales avec les voies urinaires, ou à ce qu'on appelle le *sinus uro-génital*, il se développe, d'après Rathke, à la portion d'allantoïde, qui deviendra la vessie, deux petites bosselures coniques qui se creusent d'une cavité et s'ouvrent au même point que les canaux déférents. Ces deux bosselures deviennent les vésicules séminales.

Le pénis, ses enveloppes et celles des testicules ne se montrent que très tard. Leurs premiers rudiments apparaissent sous forme d'un tubercule saillant creusé d'un sillon à son bord inférieur lorsque l'intestin et les voies génito-urinaires se confondent dans un véritable cloaque. L'extrémité de ce tubercule se renfle pour former le gland, les plis qui s'élèvent sur ses côtés deviennent le fourreau et le scrotum, et enfin, les deux bords de la fente inférieure, en se soudant, se transforment en canal de l'urètre. Jusqu'à ce moment, ces parties sexuelles ont montré la plus grande ressemblance avec celles de la femelle : le pénis rappelait le clitoris, et les deux replis placés sur ses côtés figuraient les lèvres de la vulve.

Le développement des organes reproducteurs femelles a une très grande analogie avec celui de l'appareil génital du mâle.

Les ovaires se forment, comme les testicules, dans le blastème voisin des corps de Wolff. Mais ils s'éloignent peu à peu de la région sous-lombaire enveloppés dans un repli péritonéal plus ou moins allongé suivant les espèces. D'après Valentin, il apparaîtrait d'abord dans le tissu de l'ovaire de petites languettes qui se décomposeraient en d'autres plus petites donnant naissance à des tubes, dans l'intérieur desquels on ne tarderait pas à reconnaître les follicules primitifs : ceux-ci, formés d'une membrane transparente et d'un contenu granuleux, donneraient naissance aux ovules. C'est ainsi que les choses se passeraient dans l'embryon de la vache et de la brebis. Cependant Bischoff n'a pu parvenir à reconnaître dans l'ovaire les languettes et les tubes, dont l'existence temporaire est, d'ailleurs, très courte ; mais il a vu se former les follicules par une agrégation de cellules primaires se confondant en une

membrane transparente, à l'intérieur de laquelle se dépose une couche de cellules épithéliales. C'est dans cette vésicule glandulaire très grande que ce dernier observateur a vu, un peu plus tard, se développer une seconde vésicule plus petite, qu'il regarde comme la vésicule germinative ; puis, autour de celle-ci, les granulations vitellines ; et enfin, la zone transparente, c'est-à-dire, en un mot, les diverses parties constituantes de l'œuf.

Dans quelques animaux, les solipèdes, par exemple, l'ovaire est énorme pendant la vie embryonnaire, et surtout à partir du milieu de la gestation, et son stroma y est rougeâtre et d'une mollesse extrême, tandis que, chez d'autres animaux, et en particulier les ruminants, cet organe n'est pas alors proportionnellement beaucoup plus volumineux qu'il ne le sera dans la suite.

Les trompes de Fallope se développent sur le trajet des canaux excréteurs des corps de Wolff, à peu près comme les canaux déférents auxquels ils correspondent.

La matrice procède, d'après les observations de Rathke, d'une petite bosselure située en haut du sinus uro-génital, au point d'abouchement des deux trompes de Fallope. La dilatation de la bosselure devient le corps de l'utérus ; celle de l'extrémité inférieure des trompes constitue les cornes. Si le développement de la bosselure médiane a une très grande prédominance, on a un utérus simple comme celui de la femme et des singes. Si, au contraire, la prédominance appartient aux trompes, il se produit un utérus à deux cornes plus ou moins longues.

La vulve et le clitoris apparaissent en arrière du sinus uro-génital sous la forme d'un appendice saillant bordé de deux replis entre lesquels se trouve l'orifice du vagin.

Les mamelles se forment de très bonne heure, et le mamelon est déjà perforé sur de très jeunes fœtus. Celui-ci se voit aussi très distinctement dans le premier mois de la vie embryonnaire des fœtus mâles, en même nombre et aux mêmes régions que chez les fœtus femelles.

Voilà, à grands traits, comment s'opère le développement des principaux organes. Cet aperçu général suffit pour nous donner une idée de cet admirable travail de formation, suivi dans tous ses détails par les observateurs habiles qui, de nos jours, ont porté à une perfection si étonnante la science de l'embryogénie. Mais avant de rechercher comment cette machine en construction s'essaie à fonctionner, jetons encore un coup d'œil d'ensemble sur les progrès successifs de son développement.

Ce qui frappe le plus dans l'étude générale de l'évolution embryonnaire, c'est la lenteur du travail aux premiers moments qui suivent la fécondation, et la rapidité qu'il acquiert peu de temps après. Déjà Harvey, qui ne pouvait suivre les premiers changements éprouvés par l'œuf fécondé, avait fait cette remarque. Il avait vu qu'après des débuts fort lents et après la première apparition du cœur, quelques jours suffisaient à toutes les parties du corps pour devenir distinctes. Haller avait aussi constaté que, jusque vers le dix-huitième jour, le fœtus de brebis n'était qu'une petite masse gélatiniforme noyée dans le fluide amniotique, laquelle ne tardait pas à laisser voir les principales parties du petit animal. La lenteur du développement, aux premières périodes de la vie embryonnaire, s'explique en partie pour les mammifères, par la petitesse de l'œuf, aux dépens duquel doivent se faire les premières formations, et par le défaut de connexions directes entre l'embryon et les vaisseaux utérins.

Les parties qui, dans l'œuf des mammifères, prennent l'accroissement le plus rapide dans les premiers temps de la gestation, sont les membranes et les liquides qu'elles renferment. Dans l'œuf de la brebis, vers la fin du premier quart de la gestation, les membranes pèsent à elles seules de cinq à neuf fois autant que le fœtus, et à la même époque, les fluides allantoïdien et amniotique réunis ont un poids huit à dix fois aussi considérable que ce dernier. La masse des liquides de l'œuf augmente d'une manière absolue du commencement à la fin de la gestation, excepté peut-être aux derniers jours. Mais cette augmentation, extrêmement rapide dans les premiers temps, se ralentit beaucoup vers l'époque moyenne de la gestation. Et, comme à partir de ce moment, le développement du fœtus devient très actif, la proportion de ces fluides diminue d'une manière relative. Vers la fin du quatrième mois, ils représentent environ le tiers du poids du fœtus; puis un sixième de ce poids au moment de la naissance de l'agneau, c'est-à-dire quelques jours après la fin du cinquième mois.

Le développement du fœtus est si lent pendant les premières périodes de la gestation, que l'agneau, au bout de quarante jours, c'est-à-dire à peu près à la fin du premier quart de la vie embryonnaire, a à peine la trois-centième partie du poids qu'il a acquis au moment de la naissance. A deux mois, il n'a encore qu'un soixantième de son accroissement utérin. Mais à partir du milieu de la gestation, et surtout de la fin du second tiers de celle-ci, il se développe très vite. A l'expiration du quatrième mois, l'agneau n'a plus à gagner qu'un tiers de son poids total. En jetant un coup d'œil sur les deux tableaux suivants, que j'aurais voulu voir plus complets, on pourra se faire une idée générale de l'accroissement de l'œuf à plusieurs périodes de la gestation. Le premier se rapporte à des brebis dont la date de la fécondation est exactement connue; le second, au contraire, donne seulement des pesées de fœtus de vache, dont l'âge inconnu peut se déduire approximativement du poids du fœtus et de ses annexes.

Le développement des diverses parties du corps du fœtus n'est pas, ainsi que nous avons pu le pressentir, également rapide pour toutes. Il en est dont l'accroissement est beaucoup plus prompt que celui des autres : les centres nerveux, le cœur, le foie et les organes qui doivent entrer en fonction de bonne heure, acquièrent très vite des proportions considérables.

L'encéphale est, comme on le sait, la partie du système nerveux qui acquiert le plus tôt une prédominance marquée sur les autres organes de l'embryon. Burdach a trouvé qu'au cinquième mois, le poids du cerveau est égal à la huitième partie du corps chez le fœtus humain de cinq mois, tandis qu'il est égal au quarantième de ce poids chez l'adulte. J'ai constaté que cette proportion de l'encéphale entier est à celle du corps comme 1 est à 15 chez le fœtus d'agneau de 57 jours, comme 1 est à 55 au soixante-dixième jour, et comme 1 est à 53 ou comme 1 est à 61, ou encore comme 1 est à 65 chez le même ruminant à la naissance. A mi-terme chez le veau, son poids est à celui du corps comme 1 est à 53, et à terme, comme 1 est à 120.

La moelle épinière ne suit pas tout à fait la même progression dans l'accroissement. Chez le veau à mi-terme, elle représente en poids la quatre-cent-vingt-et-unième et à terme la quatre-cent-soixante-dixième partie du corps : elle égale la trois-cent-quarantième partie de ce poids chez l'agneau au moment de la naissance.

Chez le fœtus humain au troisième mois, elle égale la dix-huitième partie du poids du corps d'après les observations de Meckel.

Tableau de l'accroissement du fœtus de brebis et de chèvre.

NUMÉROS d'ordre.	AGE du fœtus.	POIDS de la mère.	POIDS total de l'utérus et de son contenu.	POIDS de l'utérus.	POIDS des enveloppes fœtales.	POIDS du fœtus.	POIDS du liquide allantoïdien.	POIDS du liquide amniotique.	OBSERVATIONS.
						FOETUS DE BREBIS.			
	jours.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	grammes.	
1	42	55000	542	196	93	1er 9 2e 8	40 40	38 36	deux fœtus.
2	43	54000	267	86	66	10	78	27	
3	43	49000	254	95	53	9	52	41	
4	47	56000	426	176	95	14	60	70	
5	49	55500	330	153	56	16	22	74	
6	50	57000	504	167	103	18	120	80	
7	50	51000	1155	283	300	1er 21 2e 19	155 120	90 76	57 gr. de suc cotyléd.
8	51	56000	1270	313	316	1er 27 2 28	212 96	109 97	40 gr. de suc cotyléd.
9	51	49000	632	230	120	25	133	104	
10	57	63000	1702	407	453	1er 50 2e 47	164 245	192 202	
11	120	53000	3185	368	308	1910	455	143	
12	129	58000	5000	575	345	2970	675	357	
13	130	55000	3990	475	292	2515	375	305	
14	134	61000	5420	624	326	3310	750	200	
15	137	64000	6320	580	447	3710	850	528	
						FOETUS DE CHEVRE.			
16	à terme	»	10282	1045	547	1er 3530 2e 3685	135 145	465 645	suc cotyléd. 285 gr.
17	à terme	»	7935	810	325	1er 2630 2e 2680	perdu. 430	560 600	

Le cœur, dont l'apparition est si précoce, est sensiblement plus volumineux chez le très jeune embryon que vers la fin de la gestation et après la naissance. Meckel dit que celui du fœtus humain au troisième mois représente le cinquantième du poids du corps et le cent-vingtième à la naissance : il en est à peu près de même chez les ruminants. Le cœur d'un veau à mi-terme égalait un cent-vingt-cinquième du poids du corps, celui d'un agneau à terme le cent-vingtième, celui d'un autre encore le cent-dix-huitième. Le même organe représentait seulement la deux-cent-soixante-quatrième partie de ce poids chez un bélier adulte.

Le poumon a, relativement à la masse de l'embryon, un poids variable suivant les âges. Il égalait la vingtième partie du poids du corps chez un fœtus de brebis de cinquante-sept jours, la trente-troisième chez un veau à mi-terme, la trente-quatrième chez un autre de huit mois, la trente-cinquième, la cinquante-cinquième

chez deux autres veaux à terme ; la trente-troisième chez un poulain ayant à peu près de huit à neuf mois, et de la vingt-quatrième à la soixante-et-onzième chez des agneaux et des chevreaux à terme.

Le développement du thymus varie considérablement suivant les âges et suivant les espèces. Le poids de cet organe était la cent-trente-septième partie de celui du corps sur un veau à mi-terme, la cent-quatre-vingt-dix-septième sur un veau pouvant avoir sept mois, la deux-centième sur un poulain à terme, la cent-treizième sur un chevreau à la naissance, la deux-cent-vingt-huitième partie sur un agneau huit jours après la naissance. Il est toujours proportionnellement plus volumineux chez les ruminants que chez les solipèdes.

Tableau de l'accroissement du fœtus de vache.

NUMÉROS d'ordre.	POIDS TOTAL de l'utérus et de son contenu.	POIDS de l'utérus.	POIDS des enveloppes fœtales.	POIDS du fœtus.	POIDS du liquide allantoïdien	POIDS du liquide amniotique.	OBSERVATIONS.
			FOETUS DE VACHE.				
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
1	1665	790	312	83	167	275	
2	7870	2300	850	1345	1100	2660	
3	7020	1515	845	1503	1010	2120	
4	13190	2470	825	3550	1050	5220	
5	14200	3080	1100	3830	2450	3670	
6	15700	4040	2290	5900	2250	1140	765 gr. de suc cotylédonnaire.
7	19765	3936	1730	9604	2770	1725	
8	51000	»	»	14000	»	»	L'utérus, les enveloppes et les liquides pèsent 37000 gr.
9	50600	6735	2820	31500	6700	2500	
		ensemble			ensemble		
10	71000	14000		28500	28000		
			FOETUS DE JUMENT.				
11	18650	2893	2000	7450	4600	1650	Le fœtus est déjà couvert de poils ; la mère est très petite.

Le foie, extrêmement volumineux dans les premiers temps de la vie embryonnaire, décroît proportionnellement à mesure qu'on se rapproche du terme de la gestation. Il est dans le fœtus humain, d'après Meckel, le dix-huitième du poids du corps, et le trente-cinquième ou le trente-sixième chez l'adulte. Je l'ai trouvé égal au sixième du poids du corps chez un fœtus d'agneau de cinquante-sept jours, au vingt-neuvième chez des veaux à mi-terme et à terme, au vingt et unième chez un poulain au moment de la naissance, et au vingt-quatrième chez un agneau à la même époque. Nous avons vu cet organe représenter la soixante-quinzième partie du poids du corps chez le cheval adulte, et la quatre-vingt-troisième chez le bélier.

Le tableau suivant donne quelques-uns des éléments qui m'ont servi à établir les rapports précédents; mais il est trop incomplet pour fournir une base à des moyennes à peu près exactes.

ESPÈCES de fœtus.	Poids du corps.	Poids de l'encéphale.	Poids de la moelle épinière.	Poids des glandes salivaires.	Poids du thymus.	Poids du poumon.	Poids du cœur.	Poids du foie.	Poids de la rate.	Poids du pancréas.	Poids des reins.	Testicules.
	gr.	gr.	gr.	gr	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poulain à terme...	32500	»	»	»	162	1110	»	1500	267	»	85	»
Veau.....	5900	110	14	»	43	175	47	200	21	»	25	»
Veau.....	31500	251	66	63	215	»	»	»	»	»	174	8
Veau.....	25500	»	»	64	127	732	»	866	100	14	162	»
Agneau de 57 jours.	47	$3\frac{1}{2}$	»	»	»	$2\frac{1}{2}$	»	8	»	»	»	»
Agneau à terme...	3210	»	»	»	18	45	27	68	6	»	15	»
Agneau à terme...	3400	52	$10\frac{1}{2}$	»	34	138	28	137	9	»	23	»
Chevreau à terme..	3400	54	11	»	30	87	24	139	6	»	31	»
Chevreau à terme..	3685	60	11	»	27	77	27	»	8	»	25	»

L'intestin, pendant la vie fœtale, ne croît pas en longueur pour arriver à atteindre, relativement au corps, la proportion qu'il présente pendant l'âge adulte. A huit ou neuf mois de la vie fœtale, un poulain avait 4^m,55 d'intestin grêle, 17 centimètres de cœcum et 1^m,38 de gros intestin, en somme, 6^m,10; c'est-à-dire à peu près le cinquième de la longueur que cet organe présente à l'âge adulte. Peu après la naissance il atteint le tiers de la longueur qu'il acquiert au terme du développement de l'animal. Le veau à mi-terme n'a encore que le dixième du total futur de l'intestin de l'adulte : son intestin a seulement seize fois la longueur du corps au lieu de vingt fois. L'agneau et le chevreau, à l'époque de la naissance, ont le tiers de leur intestin complet, et ce tube n'a encore que dix-sept à dix-huit fois la longueur du corps au lieu de vingt-sept fois, comme au terme de l'accroissement extra-utérin.

Les proportions générales du corps, et en particulier celles du squelette, ne sont point encore ce qu'elles deviennent après la naissance. Les os sont, relativement aux autres parties, plus volumineux dans leur ensemble, et notamment à leurs extrémités, que chez l'adulte. Les membres en particulier, surtout chez les solipèdes et les ruminants, ont une longueur qui n'est nullement proportionnée à celle de ces parties une fois leur accroissement achevé. Aussi plusieurs os des membres, tels que les radius, les tibias, les métacarpiens et les métatarsiens, n'ont plus guère à acquérir pour arriver à leurs dimensions définitives, comme on peut le voir, du reste, en jetant un coup d'œil sur le tableau suivant, dont je dois une partie (1) à M. le professeur Goubaux.

La durée totale du développement du fœtus, ou celle de la gestation chez les vivipares, et de l'incubation chez les ovipares, paraît être, suivant la remarque de M. Flourens (2), en raison directe de la taille des animaux, c'est-à-dire d'autant plus longue que les animaux en naissant ont un plus grand volume.

(1) Les chiffres relatifs au premier fœtus.

(2) *Leçons orales de physiologie comparée au Muséum d'histoire na*[illegible]

Ainsi l'éléphant, qui est le plus grand des mammifères, porte de vingt à vingt et un mois, d'après Corse; le rhinocéros, seize mois; la girafe et le chameau, un an; la jument, l'ânesse, l'hémione et les autres solipèdes, onze mois; la baleine et le cachalot, neuf à dix mois, suivant Lacépède; la vache, neuf mois; le cerf, l'élan, de huit à neuf mois, d'après F. Cuvier; le lama, l'alpaca, les ours, six mois; le chevreuil, cinq à six mois; la brebis et la chèvre, environ cinq mois; la laie et la truie, un peu moins de quatre mois (cent quinze jours); le castor, quatre mois; le lion, trois mois et demi, d'après M. Flourens; le cochon d'Inde, soixante-cinq jours, d'après Legallois; la chienne, de soixante à soixante-quatre jours; l'isatis, neuf semaines; la chatte, cinquante-six jours; le furet, six semaines; l'écureuil, le lièvre, le lapin, un mois; la souris, trois semaines.

ESPÈCES.	Région cervicale.	Région dorsale.	Région lombaire.	Région sacro-coccygienne.	Scapulum.	Humérus.	Radius.	Carpe.	Métacarpe.	Région digitée.	Coxal.	Fémur.	Tibia.	Tarse.	Métatarse.	Région digitée.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poulain à terme.	315	390	130	383	195	188	243	59	238	139	227	232	262	66	271	173
Poulain à terme.	370	350	135	226	190	205	250	40	240	131	245	245	280	62	275	175
Poulain 2 jours..	»	»	»	»	159	170	224	»	218	»	»	223	246	»	235	»
Cheval adulte de grande taille..	»	»	»	»	370	310	36	45	240	170	450	390	360	70	280	180

Parmi les oiseaux, l'incubation du cygne est de quarante-cinq jours, celle de l'oie de trente à trente-cinq jours, du dindon de vingt-huit jours, du faisan de vingt-six, de la pintade de vingt-cinq, de la poule de vingt et un, du moineau, du serin de treize, du colibri de onze ou douze jours.

La durée de la gestation est quelquefois abrégée, et même suivant une proportion considérable, chez les animaux qui naissent ébauchés, comme les petits des didelphes, et aussi chez ceux qui ont les yeux fermés et la peau nue. Lorsqu'elle est suffisamment longue, elle permet un développement plus complet et donne aux jeunes animaux la force de se tenir debout, de suivre leur mère, comme on le voit pour la plupart des herbivores, solipèdes et ruminants.

La durée de la gestation n'est pas absolument fixe pour chaque espèce; elle est augmentée ou diminuée dans des limites assez considérables. La jument qui porte, terme moyen, trois cent quarante-cinq jours, met bas souvent à partir du trois cent trentième jusqu'au trois cent soixante-cinquième, et quelquefois jusqu'au trois cent quatre-vingtième. La vache, dont la gestation est en moyenne de deux cent quatre-vingt à deux cent quatre-vingt-cinq jours, met bas du deux cent cinquantième au trois centième jour, et même plus tard encore. La brebis, qui porte cent cinquante et un à cent cinquante-deux jours, met bas du cent quarante-cinquième au cent

soixantième jour. Les autres femelles montrent aussi quelques variations, mais très peu considérables à raison de la brièveté même de la durée normale. Indépendamment de ces variations, qui ne sont pas rares, il en est encore qui devancent ou qui dépassent davantage le terme ordinaire; mais ces dernières sont tout à fait exceptionnelles, et celles qui devancent trop la durée normale ne sont que des avortements.

Maintenant que nous avons suivi le développement de l'embryon, étudions sommairement les manifestations de son activité propre ou les premiers essais du jeu de ses organes.

CHAPITRE LV.

DE LA VIE EMBRYONNAIRE.

Le jeu de la machine animale, si compliqué qu'il soit lorsque cette machine est achevée, est loin d'être aussi merveilleux que celui de la machine qui se crée d'elle-même et dont chaque rouage fonctionne progressivement d'après une série de modes en rapport avec les états transitoires, par lesquels il passe avant d'arriver à sa forme définitive. Le physiologiste, habitué à considérer seulement les manifestations dynamiques des appareils et des organes dont le développement est complet, se trouve aux prises avec des difficultés nouvelles dès qu'il est en face de cette activité à l'état naissant dans un organisme en voie de formation. Ce ne sont plus les simples résultats des dispositions matérielles de l'organisme qui s'offrent à ses yeux. Pour la première fois il est appelé à analyser des phénomènes d'un ordre élevé dont le but est la création, le perfectionnement successif de ce qui, plus tard, sera le point de départ, la condition matérielle de toutes les manifestations propres à l'activité vitale.

Or, de même que nous avons précédemment cherché à reconnaître le mode suivant lequel chaque organe se forme et l'ordre de ses développements successifs, nous devons aussi maintenant tenter de saisir les premiers essais de l'activité de ces rouages qui, d'abord imparfaits, deviennent de mieux en mieux appropriés à leur destination future.

Fonctions nerveuses. — L'embryon se forme et se développe sans l'intervention nerveuse de la mère chez les mammifères et les autres vivipares, aussi bien que chez les ovipares. Il n'y a aucune communication entre les nerfs de l'utérus et les enveloppes fœtales; il n'y a pas de nerfs dans celles-ci non plus que dans le cordon ombilical. L'animation progressive du nouvel être ne saurait donc dériver d'une propagation immédiate, d'une sorte d'extension directe de l'activité nerveuse de la mère à son produit. Cette animation a son point de départ dans l'embryon; elle se développe spontanément en lui sous l'influence de causes insaisissables.

Le système nerveux, qui, dès le commencement de la vie extra-utérine, tient sous sa dépendance la généralité des actions de l'organisme, paraît dès le début du développement sans aucune influence possible sur les phénomènes de la vie embryon-

naire. D'abord, les premiers changements qui surviennent dans l'œuf, la disparition de la vésicule germinative, la segmentation du vitellus, le dépôt d'une couche albumineuse autour de la zone transparente, la formation du blastoderme, la séparation de ses feuillets, l'apparition de la ligne primitive, sont antérieurs à la formation des premiers linéaments des centres nerveux. Ensuite, pendant que les rudiments du système nerveux se forment, ceux de plusieurs autres parties se développent aussi parallèlement. Enfin, alors que ce système est déjà passablement développé, il ne paraît pas encore réunir les conditions qui lui permettent d'agir dès le début de la vie embryonnaire. On voit dans le plasma homogène de l'œuf, dans le cytoblastème commun, se former en même temps ou successivement mille parties différentes. Ces parties se développent les unes indépendamment des autres, comme si chacune avait en soi la raison de sa formation et de ses perfectionnements ultérieurs. Le système nerveux paraît lui-même soumis aux lois communes; il ne dépend d'aucune autre partie de l'embryon, comme aucune ne dépend de lui. Ce n'est pas seulement au début que les phénomènes de la vie embryonnaire s'accomplissent sans l'intervention d'une influence nerveuse excitatrice; plus tard, alors que le système nerveux est entièrement constitué, les opérations de la plasticité paraissent encore s'effectuer sans l'intervention de ce dernier. Du reste, on sait que les monstres sans cerveau et sans moelle épinière peuvent arriver même au terme de leur développement fœtal.

Cependant, certains faits ont paru démontrer que le développement des parties était dépendant de l'action nerveuse. Tiedemann a vu sur les monstres les organes manquer lorsque les nerfs qui devaient se distribuer à ces organes ne s'étaient point développés, et il a vu plusieurs organes se souder entre eux quand leurs nerfs se confondaient ensemble, et un même organe éprouver une division, un fractionnement correspondant à la division accidentelle de son nerf. Alessandrini a constaté que les muscles de la moitié postérieure du corps manquaient chez des fœtus de vache et de truie dont la partie correspondante de la moelle était avec ses nerfs très imparfaitement développée. Mais ces faits ne prouvent nullement que l'absence des nerfs ait été la cause du non-développement des muscles. Il y a dans ces cas une corrélation entre la non-formation du nerf et celle du muscle : la cause qui a empêché le nerf de se former dans telle partie de l'économie a empêché aussi le muscle de se constituer au même point. Il en est de même, jusqu'à un certain point, des vaisseaux relativement aux parties dans lesquelles ils se distribuent. Primitivement dans le plasma homogène se développent les éléments divers d'un organe en même temps que ses vaisseaux; la force qui crée la fibre cellulaire, la nerveuse, la musculaire, crée aussi les éléments du vaisseau, ceux de l'artère, de la veine, des capillaires. Ces formations diverses sont liées entre elles, elles marchent de pair. Si les vaisseaux n'apportent plus une quantité suffisante de matériaux plastiques, le travail de développement des parties languit, et, par contre, si celles-ci n'emploient pas ces matériaux, si elles s'atrophient, les vaisseaux cessent d'en apporter ou en apportent moins; ils s'atrophient ou ils ne continuent pas à croître.

Le système nerveux une fois arrivé à un certain degré de développement entre peu à peu en action; mais les premières manifestations de son activité sont très obscures. Les impressions qu'il est susceptible d'éprouver de bonne heure sont de

imples impressions tactiles qui se traduisent par des mouvements plus ou moins ppréciables. On sait que, chez les vaches et les juments, après l'ingestion d'une rande quantité d'eau froide, le fœtus, dès la fin du second tiers de la gestation, et urtout dans les derniers mois, exécute des mouvements parfois assez prononcés pour tre reconnus en appliquant la main sur les parois abdominales. Ces mouvements éflexes ou automatiques peuvent déterminer des torsions du cordon ombilical et levenir même une cause prédisposante de l'avortement. Ayant eu l'occasion d'ouvrir vivante une jument, deux à trois mois avant le terme de la gestation, j'ai vu, ussitôt après l'incision des parois abdominales de la mère, le fœtus se débattre ivement dans l'utérus sans qu'il y fût sollicité par des excitations extérieures ; il se léplaçait en masse et replaçait sa tête ou ses membres dès qu'on venait à lui pincer uelque partie du corps à travers l'utérus et ses enveloppes ; mais il cessa d'exécuter ucun mouvement un quart d'heure après avoir été séparé de sa mère et dégagé le ses enveloppes. Wrisberg avait déjà vu un embryon humain de cinq mois qui, ors de la matrice, ployait et allongeait les membres.

Les mouvements du fœtus doivent être certainement très marqués et même assez nergiques à l'époque du part, car à ce moment le fœtus change de position pour e préparer à franchir les détroits du bassin. Ainsi le fœtus des solipèdes, qui, pendant toute la durée de la gestation, a eu l'abdomen tourné en haut et les membres ostérieurs logés dans la plus grande des deux cornes utérines, se retourne de manière à avoir le ventre, les membres en bas, et le cordon ombilical sur l'un des côtés du corps.

Du reste, le fœtus, à partir d'une époque assez reculée, peut exécuter des mouvements de déglutition, car il avale des poils tombés dans les eaux de l'amnios, poils qu'on retrouve souvent en quantité notable dans son estomac.

Absorption. — Les phénomènes de l'absorption jouent un rôle considérable dans e développement de l'œuf des ovipares et des mammifères. Dès que cet œuf microscopique des mammifères est parvenu dans l'utérus, son enveloppe vitelline ou a zone transparente se hérisse de prolongements déliés, de villosités sans vaisseaux, qui s'imprègnent des fluides exhalés par la muqueuse utérine et les transmettent de proche en proche aux feuillets du blastoderme. A cette première période, la surface bsorbante est infiniment petite, aussi l'accroissement de la masse de l'œuf est-il très lent. Cependant cette légère absorption suffit pour augmenter de quarante à cinquante fois le volume de l'œuf avant que les feuillets de la membrane blastodermique et l'aire germinative soient entièrement formés.

Plus tard, lorsque la vésicule ombilicale s'est constituée aux dépens des feuillets muqueux et vasculaire du blastoderme, les vaisseaux de cette vésicule absorbent des matières dissoutes qui viennent s'ajouter à la masse des éléments nécessaires à l'accroissement de l'embryon, matières prises à la fois dans la vésicule même, surtout dans les ovipares, où elle renferme le jaune, et en dehors d'elle chez les mammifères, où le contenu vitellin n'a, au début, que des proportions très exiguës.

Enfin, une fois que le chorion définitif est organisé avec ses myriades de papilles vasculaires, dont l'ensemble forme les placentas disséminés ou agglomérés, l'absorption prend une nouvelle activité : elle va puiser sur toute l'étendue de la muqueuse utérine et dans l'épaisseur de son tissu tous les éléments de la nutrition du fœtus.

Ceux-ci sont immédiatement recueillis par les vaisseaux des villosités placentaires, transformés en fluide nutritif, en véritable sang, et ensuite transmis à l'embryon par les veines ombilicales.

A ces trois phases successives, l'absorption saisit en dehors de l'œuf tout ce qui doit être ajouté à la masse primitive de ce dernier pour subvenir aux besoins des diverses formations embryonnaires. Aux deux premières, l'absorption étant très restreinte, elle ne peut qu'entretenir un développement très lent; mais à la dernière, qui embrasse presque toute la durée de la vie utérine, elle emprunte à la mère une masse énorme de matériaux et autant qu'il peut en être employé par le travail de plasticité.

Outre cette absorption, qui s'opère, pour ainsi dire, en dehors de l'œuf, il en est encore d'autres qui s'effectuent dans les enveloppes pleines de liquides, dans l'amnios, l'allantoïde, au sein des organes et des tissus de l'embryon lui-même.

Circulation. — Nous avons vu, en jetant un coup d'œil sur le développement du système vasculaire de l'embryon, que la circulation doit s'effectuer à l'origine suivant un mode bien différent de celui qui lui appartient pendant tout le reste de la vie fœtale.

Aux premières périodes du développement de l'embryon, toute la circulation est confinée dans l'aire vasculaire. Le cœur, placé sous la partie antérieure de l'embryon, reçoit le sang par deux troncs veineux, et il le lance par deux troncs artériels. Les veines le puisent dans l'embryon et dans le sinus terminal qui borde l'aire vasculaire; les artères le distribuent également en partie à l'embryon et en partie à cette aire, aux dépens de laquelle se formeront le canal intestinal et la vésicule ombilicale. Une fois que ces deux organes sont constitués, le sang, chassé du cœur par les arcs aortiques et leurs divisions, se distribue à toutes les parties, et il parvient à la vésicule vitelline par l'artère omphalo-mésentérique, née en commun avec le tronc artériel de l'intestin. Il revient de la vésicule par la veine omphalo-mésentérique, qui, au niveau du foie, se joint à une partie des veines de l'embryon pour former le tronc de la veine cave inférieure. Cette première forme de la circulation est antérieure à l'établissement des connexions vasculaires entre l'œuf et la mère; mais elle persiste plus tard comme une annexe à la suivante tant que la vésicule ombilicale n'a pas disparu.

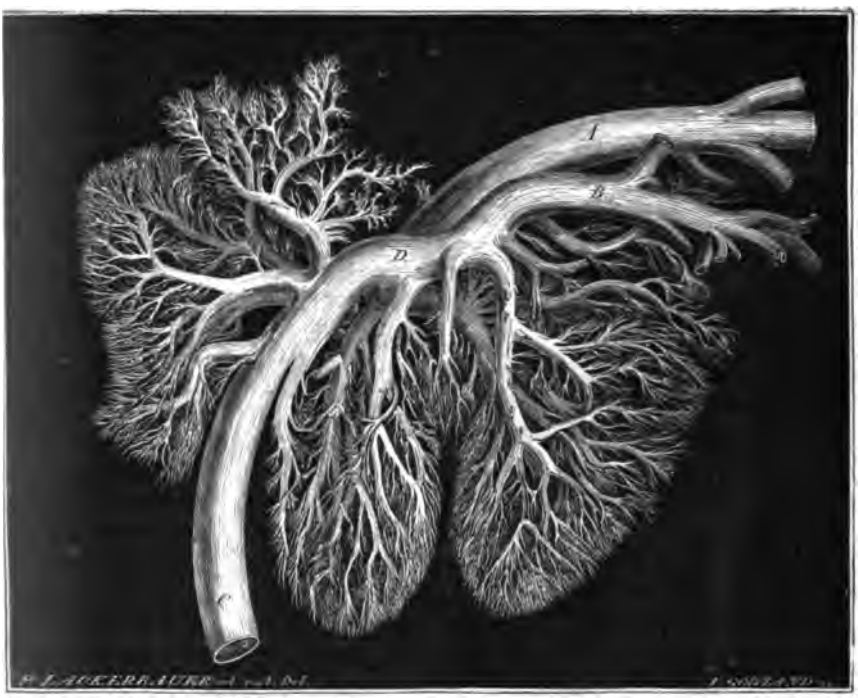
La seconde forme de la circulation, qui doit durer jusqu'à la naissance, n'est qu'une simple extension de la première, sur laquelle elle se greffe en quelque sorte, et avec laquelle elle peut coïncider encore très longtemps. Son origine est liée au développement de l'allantoïde et des vaisseaux satellites de ce vaste réservoir membraneux. En effet, lorsque l'allantoïde se détache du tube intestinal et se porte à la face interne du chorion, en sortant par l'ouverture ombilicale, il naît des troncs iliaques internes deux artères qui l'accompagnent et envoient à travers le chorion une infinité de divisions dans les papilles placentaires. A côté de ces artères se développent deux veines qui se rendent au foie par un tronc commun, et de là dans la veine cave postérieure. De cette manière, le champ de la circulation prend une étendue considérable : il y a, d'une part, des vaisseaux qui prennent dans le placenta les matériaux fournis par la mère, et les conduisent à l'embryon; et, d'autre part, des vaisseaux qui rapportent du fœtus dans le placenta l'excédant de ces mêmes maté-

iaux. Mais suivons avec soin cette circulation telle qu'elle s'opère pendant la plus grande partie de la vie fœtale.

Le sang que les radicules des veines ombilicales puisent dans le placenta progresse de la périphérie de l'œuf vers son centre, du chorion vers le fœtus; il arrive ans le tronc unique de la veine ombilicale, et de là dans le foie, où cette veine va e plonger. Là, ce sang se mêle avec celui que la veine porte ramène des viscères ligestifs, car chez tous les mammifères le tronc de la veine ombilicale s'anastomose plein canal avec celui de la veine porte, ou, en d'autres termes, ces deux vaisseaux en entier s'abouchent l'un dans l'autre, comme on le voit par la figure suiante, représentant l'appareil vasculaire hépatique d'un fœtus de solipède.

Parvenu dans le foie, le sang veineux ombilical ne se mêle pas seulement à celui le la veine porte provenant des viscères intestinaux, il se mêle encore à celui de la

Fig. 107 (*).

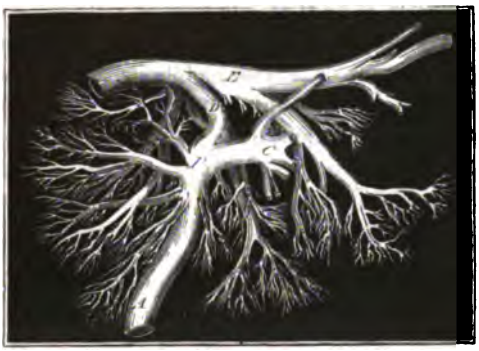


veine cave postérieure dérivé de toute la moitié correspondante du corps, et ce nouveau mélange s'opère de deux manières : directement, par le *canal veineux*

(*) Fig. 107. — *Vaisseaux du foie d'un fœtus de jument à mi-terme.* — A, veine cave postérieure; B, veine porte; C, veine ombilicale; D, anastomose du tronc de la veine ombilicale avec celui de la veine porte.

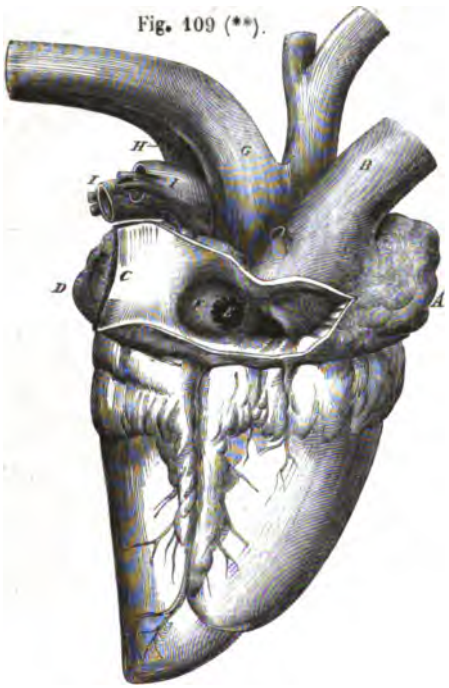
étendu (fig. 108) entre la jonction de la veine ombilicale avec la veine porte et le tronc de la veine cave postérieure ; indirectement, par le système capillaire qui unit les veines sous-hépatiques avec les sus-hépatiques ouvertes dans le tronc de la veine cave. Cette dernière voie, assez longue, oblige le sang qui la suit à traverser par mille canaux déliés la substance du foie ; elle existe seule chez les fœtus de solipèdes, où je n'ai jamais trouvé trace de canal veineux ; néanmoins, celui-ci doit y exister dans les premiers temps de la vie embryonnaire, puisqu'il est formé par la veine omphalo-mésentérique elle-même.

Fig. 108 (*).



De la veine cave postérieure, le sang placentaire, déjà deux fois mêlé au sang veineux d'une grande partie du fœtus, arrive dans l'oreillette droite du cœur, où il se mêle avec celui de la veine cave antérieure et de l'azygos, dont il était demeuré jusqu'ici isolé ; et ainsi ce sang placentaire ou ombilical se trouve complétement confondu avec celui des veines de toutes les parties du fœtus.

Fig. 109 (**).



De l'oreillette droite du cœur, où tout le sang est amené, celui-ci passe en partie dans l'oreillette gauche par le trou de Botal (fig. 109), dont la cloison inter-auriculaire est percée, et il y passe sans que la valvule qui borde les deux tiers de la circonférence de cette ouverture y mette obstacle, car cette valvule mince, souple et fort large, s'ouvre de l'oreillette droite vers la gauche, comme aussi de la gauche vers la droite, mais beaucoup mieux et plus complétement dans le premier sens.

(*) Fig. 108. — *Foie d'agneau à terme.* — A, veine ombilicale ; B, anastomose de cette dernière avec la veine porte ; C, veine porte ; D, canal veineux ; E, veine cave postérieure.

(**) Fig. 109. — *Cœur de fœtus de vache vu à droite.* — A, oreille droite ; B, veine cave antérieure ; C, paroi de la veine cave postérieure ouverte ; D, oreillette gauche ; E, trou de Botal ; F, la valvule ; G, aorte primitive ; H, canal artériel ; I, artère pulmonaire.

Lorsque les deux oreillettes sont remplies, le contenu de chacune d'elles passe dans le ventricule correspondant au moment de leur resserrement simultané, et dès que ceux-ci viennent à effectuer leur systole, le sang du ventricule droit s'engage dans l'artère pulmonaire, et celui du ventricule gauche dans l'aorte primitive; mais comme les branches de l'artère pulmonaire sont très petites et que le tissu du poumon, qui ne fonctionne pas encore, est peu perméable, le sang qui est entré dans l'artère pulmonaire passe en grande partie dans l'aorte en traversant le *canal artériel* étendu entre le tronc de l'artère pulmonaire et l'aorte, canal énorme, plus large même que le premier des deux troncs, qu'il fait communiquer ensemble.

Une fois dans le tronc aortique, le sang en parcourt les branches et les rameaux; il va par l'aorte antérieure dans les membres thoraciques, le cou et la tête; par l'aorte postérieure, dans tout le reste du corps. De plus, une partie du sang de l'aorte postérieure, parvenu dans les iliaques internes, s'engage dans les deux artères ombilicales qui longent la vessie et l'ouraque, puis il est ramené par les divisions de ces artères dans le placenta, d'où il était parti.

Cet itinéraire du cours du sang, déjà indiqué par Harvey, pour le fœtus comme pour l'adulte, a fait le sujet de quelques difficultés parmi des anatomistes célèbres, mais seulement en ce qui concerne le rôle du trou de Botal et du canal artériel. Duverney (1), dans sa dispute avec Méry, soutenait avec raison que la valvule du trou ovale était disposée de manière à donner un libre passage au sang de la veine cave dans l'oreillette gauche; mais il avait tort en prétendant que cette valvule empêche complétement le sang de cette oreillette de revenir dans la droite. Depuis, Bertin, Sabatier, Bichat, qui sont revenus sur ce point, n'ont signalé aucune disposition anatomique qui soit de nature à modifier le cours du sang dans les diverses cavités du cœur.

Ainsi, le sang puisé dans les placentas A (fig. 110), est amené par les deux veines ombilicales B'B', qui se réunissent en un tronc commun B pour pénétrer dans le foie. Dans cet organe, le sang se mêle à celui de la veine porte D, par l'anastomose C, qui a lieu entre ces deux vaisseaux; de là, une partie de ce sang passe par le canal veineux E, dans la veine cave postérieure F, et l'autre partie passe dans cette dernière par l'intermédiaire des veines hépatiques; il arrive directement dans l'oreillette droite, et indirectement dans la gauche par le trou de Botal, descend et dans le ventricule droit G, qui le lance dans l'artère pulmonaire H, et dans le gauche, qui le chasse dans l'aorte JJ. Une grande partie de celui de la première passe dans la seconde par le canal artériel I; enfin, de l'aorte, il est renvoyé au placenta par les artères ombilicales K, qui s'anastomosent en L à l'extrémité périphérique du cordon.

D'après cela, il est manifeste que le sang placentaire se mêle plusieurs fois avec celui du fœtus: une première fois, à l'anastomose de la veine ombilicale avec la veine porte; une seconde fois, à l'abouchement du canal veineux et des veines hépatiques dans le tronc de la veine cave postérieure; une troisième fois, dans les oreillettes par l'intermédiaire du trou ovale; et une quatrième dans le tronc de l'aorte et de l'artère pulmonaire par le canal artériel. Ce mélange si répété est intime, et il a lieu entre le sang placentaire et celui de toutes les parties du fœtus sans

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1699, p. 253 et suiv.

exception : dans le foie entre le sang placentaire, celui de la veine porte dérivé des viscères digestifs, et celui de la veine cave postérieure émané de la moitié postérieure du corps ; dans le cœur, entre ce sang déjà mixte et celui de la veine cave

Fig. 110.

antérieure recueilli dans la moitié antérieure du corps; enfin, dans l'aorte et l'artère pulmonaire. La circulation fœtale est donc une circulation de reptile exagérée, car chez le reptile, le sang artériel se mêle seulement une fois au sang veineux, et en un seul point de son trajet, c'est-à-dire dans les cavités du cœur.

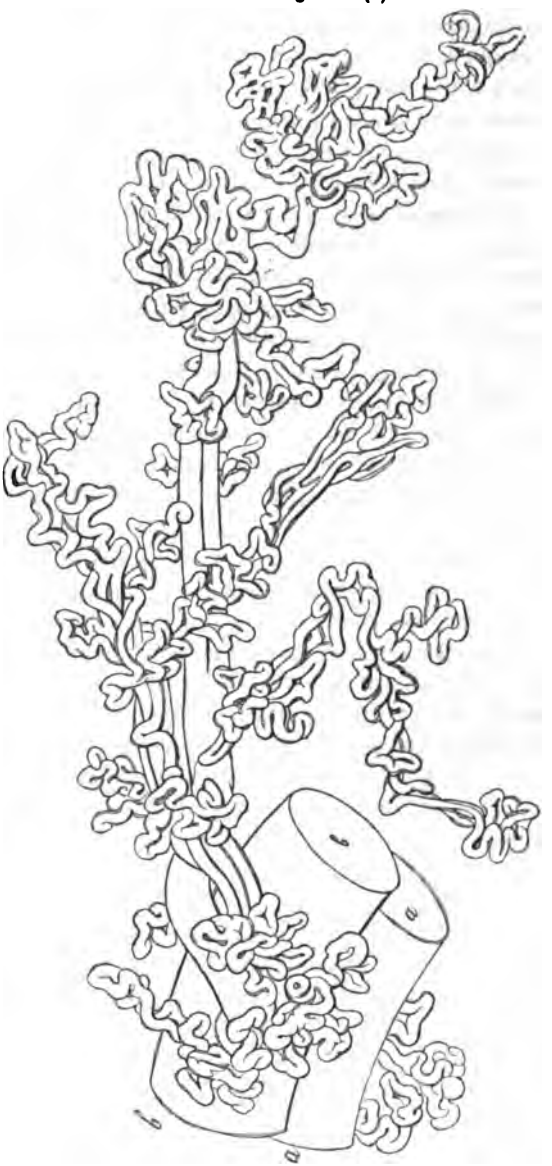
Ainsi circule le sang du fœtus et de ses annexes. Mais cette circulation est-elle continue à celle de la mère ou en est-elle isolée ? Est-ce le sang des artères utérines qui passe dans les vaisseaux du fœtus pour revenir de ceux-ci aux veines utérines? Vieussens, Haller, Sénac, et la plupart des physiologistes, croyaient autrefois que le sang de la mère était le même que celui du fœtus, et qu'il passait directement des vaisseaux de l'une dans ceux de l'autre : cela paraissait si naturel et si simple qu'on ne songeait pas à en chercher des preuves. Cependant, tout démontre que la circulation de la mère n'est pas continue à celle du fœtus, et que le sang maternel ne passe pas à l'embryon.

M. Flourens (1), en cherchant à élucider cette question, avait cru pouvoir diviser les mammifères en deux grandes classes, l'une comprenant la femme, les ron-

(1) *Cours sur la génération, l'ovologie et l'embryologie*. Paris, 1836, p. 131.

geurs, les carnassiers, à placenta unique, chez lesquels il y aurait une communication évidente entre les vaisseaux du fœtus et ceux de la mère ; l'autre renfermant les animaux à placenta multiple, les pachydermes, les solipèdes et les ruminants, où il n'y a nulle trace d'une telle communication. Cette distinction se fondait : 1° sur ce que, suivant les animaux, les injections fines passeraient ou ne passeraient pas des vaisseaux utérins à ceux du fœtus ; 2° sur ce que le décollement artificiel du placenta serait ou ne serait pas accompagné d'hémorrhagie. Or, les injections ne passent pas de la mère au fœtus, ou si elles passent en partie, c'est par transsudation, à travers les parois vasculaires, ou par déchirure de celles-ci ; ensuite, si l'on sépare, sur l'animal vivant, le placenta d'avec l'utérus, il y a effusion sanguine, quelque précaution que l'on prenne, aussi bien sur les animaux à placenta unique que sur les autres, comme je m'en suis assuré sur la chienne et la vache. Du reste, les observations anatomiques de Weber, de Bischoff, de Wagner, d'Eschricht, et d'autres micrographes habiles, démontrent, du côté de l'utérus, que les artères se continuent avec les veines sans offrir d'orifices libres à leurs extrémités, et du côté du placenta, que les artères ombilicales, arrivées au sommet des villosités (fig. 111), se recourbent en arcades et se con-

Fig. 111 (*).



(*) Fig. 111. — *Villosités du placenta humain*, d'après Weber. — *aa*, rameau d'artère ombilicale ; *bb*, rameau de veine du même nom, se continuant l'un avec l'autre par les capillaires à anses terminales.

tinuent avec les veines ombilicales. Il n'y a donc nulle continuité, nulle communication directe entre les vaisseaux de la mère et ceux du fœtus; par conséquent, le sang de la mère ne passe point au fœtus, et celui du fœtus ne revient point à la mère.

C'est donc à travers les parois des vaisseaux de l'utérus et du placenta, à leurs points de contact, que doivent passer de la mère au fœtus les matériaux nécessaires au développement de ce dernier; c'est à travers ces parois minces et très perméables que le fœtus renvoie à sa mère les matériaux qui ne lui conviennent plus; enfin, c'est à travers ces vaisseaux que s'opère un échange indispensable au maintien de la constitution normale du sang fœtal.

Mais sous quelle forme les matériaux nutritifs fournis par la mère passent-ils au fœtus, et à quel état se trouvent les matériaux que le fœtus rend à la mère?

Évidemment, le sang en nature, c'est-à-dire avec son plasma et ses globules, ne peut traverser les vaisseaux, soit pour passer de l'utérus au placenta, soit pour revenir du placenta à l'utérus. Le plasma seul est susceptible de s'échapper ainsi de ses vaisseaux les plus fins, comme il le fait, sans exception, dans tous les tissus de l'organisme pour les besoins de la nutrition et des sécrétions. Or, comme ce plasma renferme la fibrine, l'albumine, les matières grasses, les matières solides du sang, et même une certaine quantité de fer, il peut, en entraînant avec lui de l'oxygène, donner aux placentas tous les éléments à l'aide desquels ces organes reconstitueront immédiatement un sang nouveau. Ce plasma, par lui-même, renferme tout ce qu'exige le travail d'assimilation : c'est du sang auquel il manque seulement des globules dont la formation peut fort bien avoir lieu dans le tissu placentaire.

Cependant, à en croire quelques physiologistes, les choses se passeraient d'une manière bien différente. D'après Duverney (1), les cotylédons utérins seraient de véritables glandes destinées à séparer un suc particulier que le placenta absorberait pour la nutrition du fœtus. Eschricht dit que les glandes utriculaires, ou les follicules de la matrice, sécrètent un fluide blanchâtre un peu épais, dont l'absorption est effectuée par les vaisseaux du placenta et du chorion. Prévost et Morin, qui partagent cette opinion, ont analysé ce prétendu suc provenant des cotylédons de ruminants : ils y ont trouvé de l'albumine, de la fibrine, de la matière colorante du sang, une matière caséiforme, une matière gélatineuse, de l'osmazôme, de la graisse et différents sels. Une telle manière de voir ne repose que sur une illusion : le prétendu suc utérin ou cotylédonaire est simplement un produit de décomposition cadavérique.

En effet, le suc blanchâtre, épais, qu'on voit dans certaines conditions chez la truie, la jument, la vache, la brebis, entre l'utérus et le chorion, entre les cotylédons et les placentas, ne s'y trouve pas pendant la vie, ainsi que je m'en suis assuré, de la manière la plus évidente, en ouvrant l'utérus d'une jument et d'une vache pleines; ce suc ne s'y trouve pas même immédiatement après la mort, comme je l'ai constaté maintes fois sur les vaches et les brebis sacrifiées dans les abattoirs à toutes les périodes de la gestation. Enfin, on n'y en rencontre pas six, douze, vingt-quatre heures et quelquefois plus après la mort, quand la température ambiante n'active pas la décomposition. Mais, au contraire, et ceci a une signification

(1) *Œuvres anatomiques*, t. I, p. 538.

très nette, dès que les placentas se désengrènent spontanément, ou sous l'influence de la moindre traction, c'est-à-dire vingt-quatre, quarante-huit heures après la mort, plus ou moins, suivant la température extérieure, on voit le suc blanchâtre ou jaune rosé en grande quantité entre le chorion et la muqueuse utérine, baignant les faces correspondantes de ces membranes; de plus, en pressant les placentas et cotylédons, on en exprime une grande quantité de ce suc, et d'autant plus, que la décomposition a fait plus de progrès. On voit même, à un certain moment, surtout chez la chèvre et la brebis, la substance propre des cotylédons se résoudre en cette bouillie, si bien qu'il ne reste plus rien de ces organes, auparavant fermes et très épais. Tout cela prouve clairement, si je ne me trompe, que le suc utérin, le suc cotylédonaire, est un produit du ramollissement, de la dissolution progressive de la muqueuse utérine, de ses cotylédons et des placentas eux-mêmes. Aussi n'est-il pas étonnant qu'on trouve dans ce produit de l'albumine, de la caséine, des matières grasses, des sels et autres substances qui entrent dans la composition des tissus utérins, placentaires, et dans celle du sang dont ceux-ci sont imprégnés. A coup sûr, si la muqueuse utérine sécrète un suc pour la nutrition du fœtus, ce n'est pas celui dont il vient d'être question.

Quelles que puissent être la nature et la forme des matériaux donnés par la mère au fœtus, il est certain que ces matériaux, dès qu'ils sont saisis par les villosités placentaires, sont transformés par elles immédiatement en un sang homogène dont les caractères et la composition n'ont pas encore été déterminés avec soin, et comparativement avec les caractères et la composition du sang maternel. C'est ce sang qui, après avoir été distribué au fœtus, employé partiellement à sa nutrition et à ses diverses sécrétions, revient au placenta se charger de nouveaux matériaux et se revivifier en absorbant de l'oxygène au sang maternel.

Puisque le système vasculaire du fœtus est parfaitement distinct et isolé de celui de la mère, il faut que la circulation fœtale soit déterminée et réglée par les contractions du cœur du fœtus. C'est en effet ce qui a lieu. Le cœur, dès le moment de son apparition, sous la forme d'un canal cylindrique, au début de la vie embryonnaire, se dilate et se resserre alternativement pour recevoir le sang des veines et le chasser dans les artères. Les observations très intéressantes de Nægele ont appris qu'il n'y a nul rapport entre le nombre des battements cardiaques du fœtus et celui de ces mêmes battements chez la mère. Ce savant est arrivé par l'auscultation, c'est-à-dire en appliquant l'oreille sur l'abdomen de la mère, à reconnaître les deux bruits du cœur du fœtus, celui de la diastole et celui de la systole; il a constaté, qu'en moyenne, le cœur du fœtus bat 135 fois par minute, jamais plus de 180 fois ni moins de 90; enfin, il a remarqué que le nombre des battements de cet organe est sensiblement le même depuis l'âge auquel ils sont perceptibles (quatre mois et demi) jusqu'au moment de la naissance.

Ayant eu l'occasion d'ouvrir vivantes une jument pleine de neuf à dix mois, et une vache dont la gestation pouvait dater de trois mois, j'ai pu faire quelques observations à cet égard. Lorsque l'utérus de la jument eut fait hernie à travers la longue incision pratiquée à la ligne blanche de la mère, j'ouvris l'utérus, le chorion, l'allantoïde et l'amnios pour mettre à découvert le fœtus. Celui-ci, qui se déplaçait avec vivacité, se mit à respirer profondément et à de rares intervalles : les artères

ombilicales et la veine du même nom donnèrent du sang par de petites piqûres faites à leurs parois ; les premières battirent avec une certaine force et leurs pulsations étaient fort rapprochées. Une fois que le cordon fut coupé en travers et lié, le fœtus parut mort : il n'y eut plus de mouvements spontanés et la respiration cessa. J'ouvris à ce moment le thorax et la cavité abdominale. Le cœur se contractait spontanément et avec force, et l'on sentait très distinctement les pulsations de l'aorte et des artères ombilicales. D'abord, les contractions des oreillettes alternaient régulièrement avec celles des ventricules, comme à l'état normal ; mais bientôt, ainsi que cela arrive sur les animaux expirants, les oreillettes se contractaient plusieurs fois de suite avant qu'il s'effectuât une contraction des ventricules : on eût dit qu'il fallait plusieurs systoles des oreillettes pour remplir les cavités des ventricules ; à chaque contraction, les oreillettes diminuaient beaucoup de volume, se vidaient à peu près complétement et devenaient très pâles : elles reprenaient leur teinte rouge violacée lors de leur diastole. Sur la fin, le rhythme des mouvements de l'organe se pervertit tout à fait : les ventricules et les oreillettes éprouvèrent simultanément des contractions fibrillaires très rapprochées, mais de plus en plus faibles. Elles cessèrent une demi-heure après que l'on eut ouvert le thorax.

La vache sur laquelle je pus étudier la circulation fœtale eut le flanc largement incisé et une corne utérine attirée hors de l'ouverture. Quelques placentas furent séparés très difficilement de leurs cotylédons et saignèrent ensuite de même que ces derniers. Lorsque le cordon ombilical eut été mis à découvert, on sentait très distinctement les pulsations de ses artères fortement tendues : la compression de celles-ci les faisait gonfler entre le fœtus et le point comprimé, remarque autrefois faite par Waleus et indiquée dans une lettre à Bartholin. Lorsque le fœtus fut retiré de la matrice, il ne fit, comme avant, aucun mouvement appréciable, mais il n'avait que de trois à quatre mois. La poitrine ayant été ouverte, laissa voir les mouvements du cœur avec les caractères qu'ils présentaient sur le fœtus de jument. Il y eut 31 pulsations dans la première minute qui suivit l'ouverture du thorax, 18 à la troisième minute, 11 à la quatrième, 21 à la cinquième : elles cessèrent au bout de vingt-cinq minutes.

Dans ces deux expériences, et dans d'autres faites sur de petits animaux, il m'a été impossible de reconnaître une différence de coloration entre le sang des artères et celui des veines ombilicales qui, tous les deux, m'ont paru présenter une teinte intermédiaire à celle du sang veineux et du sang artériel de l'adulte. Cette différence, qui semble devoir exister, et que Hérissant, Swammerdam, Blumenbach, ont cru reconnaître, peut-être sur des animaux qui avaient déjà fait quelques inspirations, n'a pu être appréciée par Haller, Hunter, Bichat, Müller, et d'autres observateurs habiles. Si la différence existe, elle doit être très légère, et pour ne pas se faire d'illusion à cet égard, il importe de recueillir en même temps les deux sangs sur des fœtus qui n'ont encore fait aucune inspiration dans l'air, et de les comparer sur-le-champ ; car celui des deux sangs recueilli le premier devient sensiblement plus vermeil que l'autre dès qu'il est laissé quelques instants au contact de l'oxygène atmosphérique.

Nutrition. — La nutrition de l'embryon et de ses annexes a lieu incontestablement aux dépens du sang placentaire chez les mammifères, et du sang formé des

matériaux de l'œuf chez les ovipares; cependant on a prétendu que le fœtus trouvait ailleurs les matériaux de son développement.

Les anciens, et à leur suite beaucoup de modernes très célèbres, Harvey, de Graaf, Boerhaave, Heister, Haller, pensaient que le fœtus se nourrissait des eaux de l'amnios ingérées dans les voies digestives par suite d'une véritable déglutition. Vieussens, Buffon, Lobstein, attribuaient aussi le même usage au fluide amniotique absorbé par la peau au lieu d'être pris par la bouche. Cette opinion s'était étayée de plusieurs faits qui n'ont pas une grande valeur, comme le mouvement de déglutition que l'on aurait vu effectué par des fœtus encore dans leurs enveloppes, la présence d'un glaçon étendu depuis les eaux de l'amnios jusqu'à l'estomac, sur des fœtus que Heister avait soumis à la congélation; la présence de poils dans les liquides gastriques ou intestinaux, dernière particularité fort commune chez les animaux. Mais tout cela est loin de prouver suffisamment la nutrition du fœtus aux dépens du fluide amniotique. Il peut très bien se faire que cette liqueur soit déglutie en certaine proportion par le fœtus parvenu à un certain âge, car j'ai trouvé fort souvent de petites touffes de poils dans les liquides de l'estomac de fœtus pendant le dernier tiers de la gestation, et même du méconium quelque temps avant l'époque de la naissance. Ce liquide peut être dégluti dans le but de dilater le tube intestinal, d'atténuer l'action de la bile accumulée dans l'intestin, et même de céder certains principes à l'assimilation. C'est à cela, probablement, que se borne le rôle du fluide dégluti. Ce fluide contient trop peu de principes nutritifs pour remplir la destination qu'on lui prête, et d'ailleurs les fœtus qui sont, comme ceux privés de bouche, dans l'impossibilité de le déglutir, ne se développent pas moins.

Quelque puisse être le rôle de la petite quantité du fluide amniotique reçu dans les voies digestives du fœtus, il n'en est pas moins certain que le développement si rapide du fœtus se fait aux dépens des matériaux placentaires.

Sécrétions. — Beaucoup d'organes glanduleux jouissent déjà de très bonne heure, pendant la vie fœtale, d'une très remarquable activité : les glandes de l'estomac et de l'intestin, le foie, les muqueuses des voies aériennes, les reins, rentrent dans cette catégorie.

Parmi les glandes annexées à l'appareil digestif, celles des premières voies sont peu actives; elles se bornent à fournir des mucosités qui enduisent la muqueuse de la bouche et de l'œsophage; mais de très bonne heure l'estomac se remplit d'un fluide blanchâtre, ou plutôt incolore, visqueux, dans lequel il y a une grande proportion de cellules épithéliales et de noyaux de cellules. J'en ai trouvé 229 grammes dans l'estomac d'un poulain à terme, de 150 à 180 grammes dans celui des agneaux à terme, 200 à 300 grammes dans l'estomac des veaux vers le milieu de la gestation, et 500 à 600 grammes dans celui des veaux à terme, quelquefois même davantage. Ce fluide a cela de remarquable qu'il est neutre ou faiblement alcalin, et qu'il renferme, chez les fœtus de solipèdes et de ruminants, surtout pendant les deux derniers mois de la gestation, une très grande quantité de sucre, comme je l'ai annoncé le premier dans une communication à l'Académie des sciences.

Ce fluide doit être considéré non comme un simple produit de la sécrétion gastrique, mais comme un mélange, en proportion indéterminée, de ce produit et du liquide amniotique qui peut être dégluti par le fœtus.

La sécrétion biliaire s'établit aussi de très bonne heure chez l'embryon, et y devient d'une abondance remarquable. Elle ne paraît pas, dans le fœtus humain, entrer en activité avant la naissance; mais à cette époque on rencontre déjà dans la vésicule des fœtus de vache une petite quantité de bile claire ayant un léger reflet verdâtre. Au quatrième mois, le gros intestin de ces fœtus et celui des fœtus de solipèdes est déjà plein de méconium reconnaissable, à travers les parois de l'intestin, par sa teinte verdâtre.

La bile du fœtus, d'autant plus épaisse et plus colorée qu'on se rapproche davantage de la naissance, est fade et alcaline. M. Lassaigne, qui a analysé celle d'un fœtus de vache de six mois, y a signalé la présence de deux matières colorantes, du mucus, du carbonate et du chlorure sodiques, du phosphate de chaux, mais il n'y a point trouvé de picromel. Mêlée aux fluides exhalés par l'intestin et à ceux qui parviennent dans cet organe, elle y forme la matière connue sous le nom de *méconium*, laquelle est composée, suivant Simon, cité par Bischoff, de : cholestérine, 16,00; matière extractive et résine biliaire, 10,40; matière caséeuse, 34,00; picromel 6,00; matière verte 4,00; cellules, mucus, albumine, 26,00. Ce méconium, peu abondant aux premières époques de la vie fœtale, a été trouvé blanc chez des fœtus dont le foie manquait, et chez d'autres dont l'intestin était oblitéré au-dessous de l'insertion du canal cholédoque. Il se trouve en forte proportion dans l'intestin au moment de la naissance et y présente une assez grande consistance. Un poulain à terme, dont l'estomac contenait 229 grammes d'un fluide visqueux, blanchâtre, m'a présenté 216 grammes de méconium grisâtre dans l'intestin grêle, et 559 grammes de méconium vert dans le gros intestin. Ce produit est souvent expulsé en certaine proportion pendant les derniers moments de la gestation dans les eaux de l'amnios, qu'il colore en jaune, et il est même alors dégluti et retrouvé en petites masses dans l'intérieur de l'estomac.

La sécrétion biliaire paraît remplir chez le fœtus un rôle de dépuration sur lequel on n'est pas fixé; mais cette sécrétion n'est peut-être pas le seul produit de l'activité du foie.

La sécrétion urinaire jouit aussi d'une certaine activité pendant la vie intra-utérine; elle paraît même s'effectuer par les corps de Wolff avant que les reins soient développés et aptes à fonctionner, car Jacobson a reconnu de l'acide urique dans le fluide allantoïdien des oiseaux avant l'apparition des reins, observation faite aussi par Prevost et Leroyer dans des conditions analogues. Mais ce n'est que vers la fin de la gestation qu'on trouve une quantité notable d'urine dans la vessie, et, d'après Dulong, de l'urée dans le liquide allantoïdien de la vache.

Les connexions de la vessie avec l'allantoïde ont fait regarder celle-ci comme servant de réservoir à l'urine du fœtus. Mais il est certain que le fluide allantoïdien n'est point l'urine du fœtus, car sa proportion est relativement d'autant plus grande que le fœtus est plus jeune, et la communication entre la vessie et l'allantoïde devient d'autant plus étroite et moins perméable, que le terme de la gestation approche davantage.

Néanmoins on conçoit que l'allantoïde puisse recevoir une certaine quantité d'urine dans son intérieur, urine qui peut également être versée dans l'amnios de tous les animaux, et surtout chez le fœtus humain, dont l'allantoïde disparaît de très bonne heure.

Quant aux corps thyroïdes, au thymus, à la rate, aux capsules surrénales, il est actuellement impossible de rien présenter de satisfaisant sur leurs fonctions pendant la vie fœtale, fonctions déjà si énigmatiques à l'âge adulte.

En ce qui concerne le thymus dont le développement est si considérable, le rôle dont Hewson croyait cet organe chargé est peut-être le moins hypothétique parmi tous les usages qui lui ont été attribués. Néanmoins, suivant la remarque de Bischoff, si le thymus prend quelque part à la formation des globules du sang, ceux-ci peuvent se former sans lui, puisqu'ils apparaissent avant qu'il soit constitué.

CHAPITRE LVI.

DE LA PARTURITION.

Le fœtus parvenu à un certain degré de développement, fixe dans chaque espèce, doit se séparer de ses annexes et sortir de l'utérus pour jouir d'une vie nouvelle très différente de celle dont il vient de parcourir toutes les phases. L'acte par lequel il est expulsé du sein maternel constitue l'accouchement, le part ou la parturition.

La parturition est précédée, chez toutes les femelles, de changements plus ou moins sensibles dans l'état général de l'organisme et dans celui des parties sexuelles. A partir du moment de la fécondation, le rut n'a plus reparu, l'excitation générale de la femelle s'est calmée. Celle-ci a perdu peu à peu de son ardeur ; il s'est manifesté une grande tendance à l'engraissement ; la vie végétative ou de nutrition a acquis une prédominance marquée sur la vie de relation ; les mouvements sont devenus de plus en plus lents, le ventre a acquis un grand volume et s'est abaissé, le flanc s'est creusé. L'utérus, en augmentant de volume, a rempli une grande partie de la cavité abdominale, il a déplacé une partie des viscères digestifs et s'est déplacé lui-même ; ses ligaments, allongés et devenus très musculeux, lui ont permis de descendre sur les parois inférieures de l'abdomen, et de se rapprocher plus ou moins du diaphragme, suivant les animaux. Dans les derniers moments, les mamelles se gonflent et commencent à donner un lait jaunâtre et séreux, la vulve et son pourtour s'œdématient, des mucosités s'écoulent par son orifice, le col de l'utérus perd de sa fermeté et commence à s'ouvrir. Chez quelques femelles, celle du cochon d'Inde, d'après Legallois, la symphyse pubienne se gonfle, acquiert de la mobilité, et enfin ses deux moitiés s'écartent l'une de l'autre au point de permettre au doigt de passer entre elles ; mais rien de semblable à cette dernière modification ne paraît s'observer chez les ruminants et les solipèdes, car chez les femelles adultes de ceux-ci la symphyse est ossifiée et on la trouve à son état ordinaire sur celles qui meurent pendant ou après le travail de la mise bas.

Lorsque le part est près de s'opérer, la femelle éprouve un vague sentiment d'in-

quiétude et de malaise qui la porte à fuir le voisinage de l'homme, celui des animaux, à se retirer dans des lieux écartés et sombres. Beaucoup d'entre elles font entendre des cris plaintifs et étouffés, d'autres conservent un mutisme absolu. La plupart des femelles carnassières cherchent à se faire un nid dans un lieu sombre, dans des feuilles, sur la paille ou sur le fourrage ; celles qui font des petits nus et aveugles, comme la lapine, les rats et d'autres rongeurs, mettent plus de soins encore à préparer le nid de leur progéniture ; la lapine le garnit même de poil qu'elle s'arrache sous le ventre et sur le trajet des mamelles. Mais les grandes femelles de solipèdes et de ruminants, même lorsqu'elles sont laissées en liberté, ne paraissent guère s'inquiéter à cet égard.

A des intervalles d'abord éloignés, la femelle éprouve des douleurs qui se traduisent par l'expression de la physionomie, par des déplacements sans but apparent, des plaintes sourdes et étouffées, des mouvements de la queue, des changements de situation des membres postérieurs. Ces douleurs s'accompagnent de contractions utérines plus ou moins énergiques, d'efforts expulsifs de la part du diaphragme et des muscles abdominaux. Ces efforts poussent l'utérus en arrière vers le bassin, dilatent peu à peu le col de cet organe, font proéminer momentanément en arrière l'anus et la vulve. Insensiblement l'amnios et l'allantoïde, pressés par l'utérus et les parois abdominales, déchirent le sac du chorion, et s'engagent en partie dans l'ouverture du col utérin pour y former ce qu'on appelle la poche des eaux ; cette poche finit par franchir le vagin et sortir entre les lèvres de la vulve où elle se rompt après un temps plus ou moins considérable.

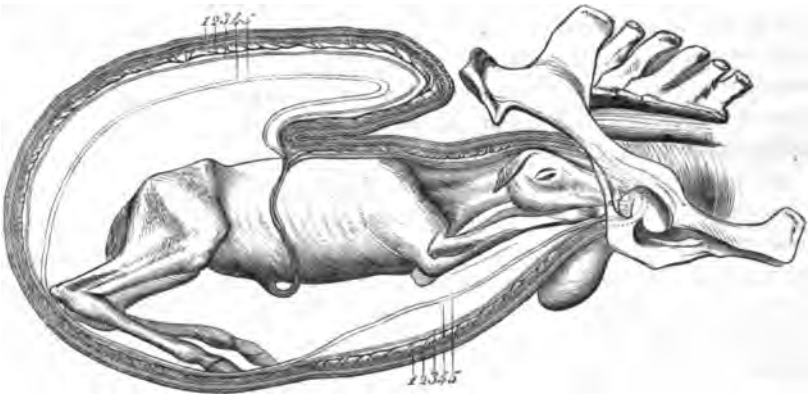
Le fœtus ne tarde pas à se montrer en partie une fois que les enveloppes se sont déchirées, et même, comme cela arrive fort souvent, pendant qu'elles sont encore intactes. Sa position est alors, dans plusieurs animaux, très différente de celle qu'il a conservée dans l'utérus jusqu'aux derniers temps de la gestation. Pendant les premiers temps, le fœtus avait une situation peu définie en raison de la facilité de ses déplacements et du petit espace qu'il occupait dans la cavité utérine au milieu des fluides abondants de l'amnios. Plus tard, chez les solipèdes, il avait le ventre en haut, les membres postérieurs engagés dans la plus longue des cornes utérines, et les membres antérieurs avec la tête dirigés vers le col de l'utérus. Dans les ruminants, son ventre se trouvait tourné en bas, car, toujours cette région regarde la concavité des cornes, et la tête se trouvait également dirigée en arrière. Enfin, chez les femelles multipares, telles que la chienne, la chatte, la truie, tous les fœtus ont la tête dirigée du côté du col de l'utérus et l'abdomen vers la partie concave des cornes de cet organe, c'est-à-dire vers le bord qui donne attache aux ligaments larges et entrée aux vaisseaux. Néanmoins M. Rainard (1) dit que chez ces derniers, il arrive que des fœtus aient une position inverse de la précédente. Dans ce dernier cas, l'inversion n'est pas complète ; la tête, au lieu de regarder le col utérin, est tournée vers l'extrémité ovarienne des cornes, mais l'abdomen et les membres correspondent toujours au bord concave des cornes, car c'est là que se trouve le placenta. C'est donc seulement dans quelques espèces, et notamment les solipèdes,

(1) *Traité complet de la parturition des principales femelles domestiques.* Lyon, 1845, t. I, p. 285.

que le fœtus est obligé, à l'époque du part, de changer sa position antérieure, de manière à présenter les membres et le ventre en bas. Il est très probable que ce changement résulte plutôt des mouvements propres du fœtus que de ceux des parois utérines.

La position du fœtus sortant des voies génitales est très variée. Le plus souvent, c'est la tête qui sort la première, appuyée sur les membres antérieurs étendus l'un à côté de l'autre (fig. 112). Plus rarement ce sont les membres postérieurs et la croupe qui sortent en premier lieu. Les autres présentations sont plus ou moins anormales et rendent la parturition plus ou moins laborieuse et parfois même impos-

Fig. 112 (*).



sible sans une intervention étrangère. Ainsi la présentation de la tête repliée latéralement, en haut ou en bas sur le cou, celle des membres fléchis sur eux-mêmes, celle de tous les membres rassemblés en un faisceau, celle du cou, du dos, du poitrail, de la croupe, etc.

La position que prennent les femelles pendant la parturition est assez variable. La vache et la jument se tiennent ordinairement debout; elles se couchent si elles sont affaiblies, soit sur le côté, soit dans l'attitude sternale. La truie, la chienne, la chatte se couchent, ployées en demi-cercle, comme dans les circonstances ordinaires. Lorsque la femelle se tient debout, le fœtus en sortant du vagin glisse sur les jarrets de sa mère et tombe sans secousse sur le sol; pendant sa chute, le cordon ombilical se rompt plus ou moins près de l'abdomen. Dans les autres cas, les efforts que le fœtus ou la mère fait pour se déplacer, en amène la rupture, ou bien encore celle-ci le coupe avec les dents, comme on le voit pour les femelles carnassières et même pour la vache et la jument. Sans ce secours instinctif de la part de la mère, souvent le cordon ne se déchirerait qu'avec difficulté. J'ai vu une chienne qui, après s'être accroupie pour mettre bas un petit, fut obligée de fuir, lorsque l'expulsion du fœtus s'achevait; elle franchit rapidement un assez long

(*) Fig. 112. — *Coupe verticale de l'utérus de la jument à l'époque du part.* — 1, utérus; 2, chorion; 3, feuillet externe de l'allantoïde; 4, feuillet int[illegible]rnière; 5, amnios.

trajet, le fœtus restant suspendu par le cordon ombilical et heurtant les jarrets de sa mère à chaque déplacement des pieds de derrière.

L'expulsion du fœtus est un acte qui résulte de la coopération de l'utérus, du diaphragme et des muscles abdominaux.

L'utérus a, comme on le sait, une tunique musculeuse qui, à mesure que la gestation avance, s'hypertrophie dans tous les points de son étendue, au col, au corps, aux cornes et jusque dans l'épaisseur des ligaments larges. Ses faisceaux dirigés, les uns longitudinalement, les autres transversalement, sont très bien disposés pour retrécir la cavité utérine dans tous les sens, et notamment suivant la direction même de ces faisceaux. Leurs contractions évidentes sur l'utérus vide sont encore plus marquées pendant la gestation. Déjà Haller (1), sur des chattes, des chiennes et des lapines pleines, avait vu les cornes utérines se mouvoir spontanément et d'un mouvement péristaltique égal à celui des intestins, lequel persistait même lorsque l'organe était détaché du corps. J'ai vu aussi ces mouvements extrêmement marqués sur une chatte pleine dont l'utérus contenait 5 fœtus, 3 dans une corne et 2 dans l'autre : ils étaient surtout énergiques au niveau des espaces intermédiaires aux fœtus. Ils étaient très prononcés sur des brebis à diverses périodes de la gestation, resserraient et dilataient alternativement les cornes, les rapprochaient et les éloignaient tour à tour l'une de l'autre ainsi que du col de l'organe ; on les voyait persister quelquefois jusqu'à quarante à cinquante minutes après la mort. Sur une vache pleine et ouverte vivante, ils avaient un caractère analogue et devenaient plus vifs et plus étendus sous l'influence d'une légère irritation ; les cornes changeaient de forme en se contractant ; elles se raccourcissaient sensiblement et se tordaient sur elles-mêmes à leur extrémité antérieure ; enfin, ces contractions n'étaient pas moins évidentes sur la jument dont j'ai parlé. Du reste, tous ceux qui ont eu l'occasion d'engager la main dans l'utérus pour remettre le fœtus dans une position convenable, ou dans tout autre but, ont été étonnés de la violence avec laquelle le bras est étreint au niveau du col dès qu'il s'opère le moindre effort expulsif. Ainsi, les mouvements propres de l'utérus ne peuvent être mis en doute ; ils ont une grande énergie, et leur rhythme, sans être parfaitement défini, est, selon toute probabilité, analogue à celui de l'intestin ; ils sont péristaltiques, de l'extrémité fermée des cornes vers le col utérin, surtout chez les femelles qui, comme la chienne et la truie, ont les cornes utérines très longues, et qui ont, dans celles-ci, les fœtus disposés les uns à la suite des autres.

L'action de l'utérus a évidemment pour auxiliaires puissants le diaphragme et les muscles abdominaux, qui agissent ici de la même manière que dans le vomissement et l'émission des urines. Leur participation est toujours indispensable ; mais elle est surtout très utile dans les cas où la tunique musculeuse est frappée d'atonie, soit par suite de contractions trop répétées, soit par le fait de la prostration générale de la mère. L'effort que ces puissances accomplissent coïncide toujours avec celui de la membrane charnue de l'utérus.

L'expulsion du fœtus nécessite un léger agrandissement du bassin, et dans quelques sens, une réduction de volume du fœtus lui-même, qui, habituellement, a des

(1) *Mémoires sur les parties sensibles et irritables du corps animal*, t. I, p. 293.

proportions trop considérables pour franchir aisément les détroits de cette cavité.

Le bassin est susceptible de s'agrandir dans deux sens : suivant son diamètre vertical et suivant son diamètre transversal. Il augmente verticalement par l'aplatissement et la projection de la vessie en avant du pubis, par la dépression du rectum à la face inférieure du sacrum, et enfin par une élévation sensible de l'extrémité inférieure du sacrum et de la base de la queue. Il augmente transversalement par suite d'un léger écartement des deux coxaux, à leurs articulations sacro-iliaques, écartement comparable, bien qu'il soit peu sensible, à celui des branches d'un arc commençant à se détendre ; enfin, il s'agrandit, surtout dans ce dernier sens, et en arrière, par la projection en dehors des ligaments sacro-ischiatiques.

Ces modifications dans l'état du bassin résultent de l'effort que le fœtus exerce sur les parois de cette cavité. Celui-ci, pour franchir un passage étroit, se resserre, se déprime dans tous les sens. La tête s'étend sur le cou et sur les membres antérieurs; les courbures de la colonne vertébrale s'effacent autant que possible, et par suite les longues apophyses des vertèbres dorsales s'inclinent les unes sur les autres; le sternum se rapproche du rachis ; les parois costales s'aplatissent et se rapprochent également ; les deux épaules, au lieu de rester sur la même ligne transversale, se portent l'une en avant de l'autre, et glissent, en quelque sorte, sur les parties au niveau desquelles le diamètre transverse du thorax a le moins d'étendue. Le reste du corps du fœtus cède encore avec plus de facilité.

Lorsque le part est multiple, son mécanisme présente quelques particularités qui méritent d'être notées.

Si l'utérus des femelles, normalement unipares, contient deux fœtus, comme cela arrive souvent à la brebis, plus rarement à la vache et plus rarement encore à la jument, les deux cornes de l'utérus ont sensiblement le même volume, et chacune d'elles contient un fœtus ayant la même position que s'il était seul. Alors les contractions utérines s'effectuent, vraisemblablement d'une manière simultanée, dans les deux cornes qui sont réunies entre elles postérieurement sur une assez grande étendue ; mais comme les deux fœtus ne peuvent s'engager à la fois dans le col de l'utérus, le plus avancé s'y insinue et se trouve expulsé le premier. Le fœtus qui se trouve en arrière étant sollicité à sortir pousse mécaniquement celui qui l'a devancé. Lorsque le nombre des fœtus est plus considérable, ils sont aussi expulsés successivement, à des intervalles de quelques heures. Ainsi, on a vu plusieurs fois des vaches donner, en une seule portée, deux, trois et quatre veaux. Rainard en cite des exemples, et Baron avait même signalé à Réaumur un part quintuple chez cette femelle. On a vu également des brebis mettre bas dans la même portée trois, quatre, et jusqu'à sept petits.

Chez les femelles habituellement multipares, la truie, la chienne, la chatte, les fœtus sont expulsés les uns après les autres à des intervalles de dix, quinze minutes, d'une demi-heure, d'une heure et plus. Après la naissance de chacun d'eux, la mère coupe le cordon, lèche le petit, l'essuie, l'approche de ses mamelles, se délivre des enveloppes du fœtus qui vient de sortir, les dévore, puis elle met bas un autre petit, et ainsi de suite. C'est surtout chez les femelles multipares que les contractions utérines doivent avoir, suivant la judicieuse observation de Rainard, un rhythme péristaltique très régulier : il faut que chaque fraction de l'utérus corres-

pondant à un fœtus se contracte à son tour, d'abord le segment de l'une des deux cornes le plus rapproché du col, puis le segment qui précède, et ainsi jusqu'au plus voisin de l'ovaire, de manière à amener l'élimination successive de tous les fœtus et à faire alterner ceux de l'une des cornes avec ceux de la corne opposée. Ce qui se passe chez ces femelles est tellement bien réglé, qu'on a là toutes les preuves de l'existence d'un rhythme propre aux contractions utérines, rhythme qui, sans doute, se retrouve chez les femelles unipares, à utérus simple ou à utérus bicorne.

Dans les cas de superfétation, s'il en existe réellement ailleurs que chez les femelles dont chaque corne utérine aboutit au fond du vagin par un orifice distinct, il faut aussi que les contractions utérines soient limitées à la corne contenant le fœtus parvenu au terme de la gestation; car autrement le fœtus le moins avancé serait éliminé à la même époque que le premier; il y aurait à la fois une parturition normale et un avortement.

Mais il faut noter ici que les cas de superfétation sont excessivement rares. On a souvent pris pour tels des cas de gestation double ou triple dans lesquels les fœtus ne se ressemblaient point, ou bien se trouvaient expulsés à un intervalle considérable. Ainsi, les exemples de juments ayant mis bas le même jour, ou à quelques jours de distance, un poulain et un mulet, ne sont point des cas de superfétation; car, à une même période du rut, ou dans un même espace de vingt-quatre à quarante-huit heures, la jument a été couverte successivement par un cheval et par un âne; des deux ovules qui se trouvaient détachés, l'un a été fécondé par le sperme du cheval, l'autre par celui de l'âne. Il n'y a là pas plus superfétation que chez la chienne ou la chatte couverte à une période de rut par plusieurs mâles différents. Ici encore, parmi les nombreux ovules qui descendent à la fois dans les trompes utérines et dans l'utérus, tel est fécondé par les spermatozoïdes du premier mâle, tel autre par ceux du second, si bien que dans la même portée il se trouve des petits très différents les uns des autres par la taille, les formes, la couleur de la robe, mais ressemblant chacun à son père respectif.

Du reste, lors même que dans une gestation multiple il s'écoulerait plusieurs semaines ou plusieurs mois entre la naissance d'un premier et celle d'un second petit, on ne serait pas encore certain d'avoir affaire à une véritable superfétation. On sait, en effet, d'après les observations de Tessier, de Brugnone, de Numann, et d'autres, qu'il peut y avoir une différence de quatre-vingts à quatre-vingt-dix-huit jours chez la vache et la jument entre le part prématuré et le part retardé. Or, il me semble que dans les cas dont je parle, l'un des fœtus pourrait naître longtemps avant le terme ordinaire, et l'autre à ce terme même, ou bien l'un pourrait naître à terme et l'autre à une époque retardée de un à deux mois. Enfin, les différences dans la taille des fœtus et dans leur degré apparent de développement ne suffisent pas toujours pour indiquer avec certitude que des fœtus d'une portée unique sont d'âges différents; car, d'une part, parmi ceux de la même portée, il en est de grands et de petits; d'autre part, on a vu des fœtus de vache au nombre de trois ou quatre, qui, quoique à terme, n'avaient pas encore de poils sur toute l'étendue du corps, comme cela arrive à la fin du second tiers de la gestation. Il n'y a que des saillies suffisamment éloignées et suivies, chacune, d'une parturition à terme, ou à peu près à terme, qui puissent établir sûrement la superfétation.

Quelque temps après la parturition, les enveloppes fœtales qui étaient restées dans l'utérus avec le placenta et une partie du cordon ombilical se détachent et sont expulsées à la suite de nouveaux efforts.

Les femelles multipares rendent l'arrière-faix à mesure qu'elles font leurs petits. La naissance du premier fœtus est suivie, au bout d'un temps assez court, de l'expulsion de ses annexes ; à celle-ci succède la sortie du second petit, puis celle de ses annexes, et ainsi en alternant jusqu'à la fin. Cette succession est nécessaire pour permettre aux fœtus de passer librement dans les parties des cornes utérines occupées précédemment par ceux qui sont déjà sortis. L'élimination du délivre se fait très facilement chez ces femelles : la chienne va s'accroupir dans un coin comme elle le fait pour uriner et souvent même pour accoucher, et aussitôt que l'arrière-faix est sorti, elle le dévore, puis revient auprès des petits qui sont nés. Les femelles unipares, lorsqu'elles ont, par exception, des portées doubles ou triples, rendent aussi, souvent, l'arrière-faix de chacun des fœtus à mesure que ceux-ci naissent, à moins que le délivre de l'un ne soit point un obstacle à la sortie du suivant. Ainsi, dans le part double de la vache ou de la brebis, les fœtus étant logés chacun dans une corne, le second peut sortir sans que le délivre du premier ait été expulsé.

Les grandes femelles unipares, la vache, la jument, rendent l'arrière-faix le plus souvent dans la journée de la parturition, ou le lendemain ; mais il est fort commun de voir la délivrance se faire attendre trois, quatre jours, et même plus encore. Dans cette dernière circonstance, il faut que l'art vienne au secours de la nature. On attache à ce qui reste du cordon ombilical, ou à la partie du délivre qui sort de la vulve, un poids plus ou moins lourd, ou bien on exerce, de temps en temps, une légère traction sur ce délivre. Si cela est sans résultat, on doit engager le bras dans l'utérus et détacher, par une douce pression des doigts, chaque placenta du cotylédon correspondant, d'abord dans une corne, puis dans l'autre, en procédant graduellement du col de l'utérus vers le fond des cornes. Il importe de recourir à ce moyen, quand, après quatre à cinq jours, la délivrance n'a pu s'effectuer ; autrement, la femelle est exposée à la métrite avec complication d'accidents putrides.

La désunion et l'expulsion de l'arrière-faix, lorsqu'elle est spontanée, nécessite des efforts peu considérables : elle n'est accompagnée d'aucune effusion sanguine appréciable, même dans les cas de délivrance laborieuse.

Les femelles herbivores, aussi bien que les carnivores, ont l'habitude de dévorer l'arrière-faix aussitôt qu'il est sorti, si on le laisse à leur disposition. Quelquefois ces dernières l'arrachent à mesure qu'il sort et se délivrent ainsi elles-mêmes très rapidement. L'instinct qui les pousse à cet acte a un but facile à concevoir : les femelles carnivores mangent ces débris comme elles mangent, pendant la durée de l'allaitement, les fèces de leurs petits afin de tenir propre leur nid et de ne pas attirer le mâle ; les femelles herbivores mangent aussi le délivre pour ne pas appeler autour d'elles les animaux carnassiers.

Après le part et la délivrance, il survient des modifications remarquables dans l'état de l'utérus et de ses diverses membranes. En général, l'utérus se resserre peu à peu, ses vaisseaux se plissent, deviennent sinueux et de moins en moins perméables au sang ; le col, relâché, revient peu à peu à son degré habituel de constriction ; les ligaments larges se raccourcissent, remontent l'utérus vers la région sous-lom-

baire et le retirent du côté du bassin ; leurs faisceaux musculaires s'atrophient, etc.

La membrane muqueuse des femelles dont le placenta est disséminé, comme chez la jument et la truie, reprend les plis qu'elle avait avant la gestation, et ses follicules qui recevaient les papilles placentaires se rapetissent dans tous les sens. Chez la chatte, la chienne, les femelles des rongeurs et chez la femme, il paraît, d'après MM. Coste, Weber, Eschricht, que toute la partie de la muqueuse qui correspondait à l'insertion du placenta éprouve une véritable exfoliation : sa couche superficielle se détache à cet endroit et se trouve éliminée. Chez les ruminants, tels que la vache, la brebis et la chèvre, les cotylédons qui avaient acquis progressivement pendant la gestation un volume énorme, se rapetissent, leurs follicules de réception se resserrent au point de devenir à peine visibles à l'œil nu. Mais ces cotylédons ne disparaissent point, bien qu'ils se réduisent à de faibles proportions ; ils persistent pendant les intervalles de la gestation et s'hypertrophient de nouveau à chacune des portées ultérieures, de sorte que les mêmes dont la présence était déjà évidente avant l'âge de la fécondité, servent pendant toute la durée de la vie. Quand une partie d'entre eux viennent à être détruits, sous l'influence de causes accidentelles, ceux-là ne se régénèrent point et il ne s'en développe pas d'autres pour les remplacer. De même, quand une femelle unipare vient à porter deux petits, le nombre des cotylédons ne double pas ; il n'augmente pas même sensiblement, car alors il n'y en a pas plus, en moyenne, que sur les femelles portant un seul fœtus. Seulement, dans le cas de part double, le volume de chaque cotylédon devient plus considérable que dans celui de la gestation simple.

Le fait de la non-régénération des cotylédons détruits est clairement démontré par l'état de l'utérus qui a perdu une partie de ces organes à la suite d'une gestation antérieure. M. Goubaux a signalé, le premier, le cas d'un utérus qui, pendant la gestation, était dépourvu de cotylédons dans l'une de ses moitiés, et dont la muqueuse offrait, sur cette moitié, des cicatrices blanches indiquant les places où se trouvaient autrefois ces cotylédons. Depuis, j'ai observé plusieurs fois des exemples analogues. Dans un cas, toute la partie antérieure de la corne opposée à celle occupée par le fœtus, déjà volumineux, ne présentait que des cicatrices allongées, luisantes ; vers la jonction de cette corne avec le corps de l'utérus, les cotylédons apparaissaient, et ils étaient dans l'autre corne disposés comme à l'ordinaire, seulement, au nombre total de 92, dont 11 extrêmement petits et presque sans connexions vasculaires avec les placentas. Dans un autre cas, l'utérus renfermant un veau à mi-terme manquait entièrement de cotylédons dans la moitié qui n'était pas occupée par le fœtus. La muqueuse de cette moitié offrait une cinquantaine de cicatrices parfaitement distinctes, disposées dans l'ordre qu'affectent habituellement les cotylédons ; elle était parfaitement saine dans les intervalles de ces cicatrices, et n'y présentait pas la moindre trace de cotylédons nouveaux ou en voie de formation ; toute la portion correspondante du chorion était lisse, à peine vasculaire et sans trace de placentas. L'autre moitié de l'utérus offrait 52 cotylédons très volumineux et 12 autres très petits, c'est-à-dire, en somme, à peu près la moitié du total ordinaire. Dans un troisième cas, la corne droite, contenant un veau à terme, avait 62 cotylédons ; la gauche offrait des cicatrices sans trace de végétations cotylédonaires. Enfin, dans deux autres cas, l'utérus renfermait des fœtus momifiés,

et sa muqueuse, parfaitement lisse dans toute son étendue, ne montrait plus aucun vestige des organes dont je parle.

Or, puisque, d'une part, les cotylédons ne se régénèrent point et ne sont pas remplacés par des cotylédons nouveaux, et que, d'autre part, les connexions du fœtus avec la matrice s'établissent uniquement par leur intermédiaire, une femelle dont l'utérus a perdu la totalité, ou seulement la plus grande partie de ces organes, doit être frappée de stérilité.

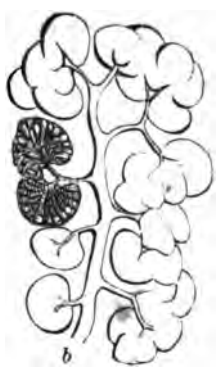
La réduction de volume et de poids éprouvée progressivement par l'utérus à la suite de la parturition est considérable. Un utérus de brebis pesant, au terme de la gestation, 600 à 700 grammes, revient bientôt au poids de 50 à 55 grammes, c'est-à-dire à une masse douze à treize fois moindre. Un utérus de vache du poids de 6 à 7 kilogrammes au moment de la parturition, se réduit à 500 ou 600 grammes par la suite : ses cotylédons, qui à cette époque pesaient à eux seuls environ de 2 à 3 kilogrammes, ne représentent plus pendant les intervalles de la gestation qu'une masse insignifiante.

CHAPITRE LVII.

DE L'ALLAITEMENT.

Le fœtus des mammifères, en sortant de la matrice, n'a pas encore assez de force pour chercher sa nourriture, ni des organes assez énergiques pour digérer celle dont il fera usage par la suite. Aussi la mère lui présente dans le produit de la sécrétion de ses mamelles un aliment qui renferme tous les principes nécessaires à l'accroissement du corps pendant la première période de la vie.

Fig. 113.



Les mamelles sont des glandes lobulées, généralement peu volumineuses avant l'âge de la fécondité et aux époques de leur inaction. Elles sont constituées par des amas de vésicules appendues sous forme de grappe (fig. 113) à l'extrémité de canaux très fins, se réunissant de proche en proche pour donner naissance à des canaux galactophores dont l'ampleur augmente à mesure qu'ils s'avancent vers le sinus commun creusé à la base du mamelon et dans le mamelon lui-même. Dans quelques animaux, tels que les monotrèmes, ces glandes résultent simplement de l'agglomération de cœcums sinueux, dilatés à leur fond, et réunis ensemble avant de s'ouvrir à l'extérieur.

Dans toutes les espèces, les mamelles sont paires et à peu près constamment symétriques. Celles du côté droit se trouvent placées à une certaine distance de celles du côté gauche, ou bien elles sont accolées ensemble, par l'intermédiaire d'un sep-

tum membraneux, comme on le voit chez les solipèdes et les ruminants. Lorsqu'il y en a plusieurs de chaque côté, elles se trouvent placées les unes à la suite des autres parallèlement à la ligne médiane du corps, et bien qu'alors celles de la même série latérale soient continues ensemble, pour ne former qu'une seule masse, chacune a ses canaux propres, sans communication avec ceux des autres, et s'ouvrant dans le mamelon correspondant.

Les mamelles, toujours situées à la partie inférieure du thorax ou de l'abdomen, afin d'être à la portée des petits, sont pectorales chez les singes, les chauves-souris, les paresseux et les cétacés herbivores; elles sont abdominales chez le tapir, le rhinocéros, l'hippopotame, d'après Cuvier; inguinales chez les solipèdes et les ruminants; enfin, elles occupent à la fois ces trois situations dans les espèces où elles sont très nombreuses, comme chez la chienne, la chatte, la lapine, et un grand nombre de carnassiers et de rongeurs.

Le nombre de ces glandes est généralement proportionné au nombre des petits; il est de deux dans les singes, l'éléphant, le rhinocéros, les solipèdes, la brebis, la chèvre; de quatre dans la vache, la lionne, la panthère; de six dans l'ours, le blaireau; de huit dans le chat; de dix dans la truie, la chienne, la lapine, le hérisson. Cuvier dit qu'il est de douze à quatorze dans l'agouti et quelques autres rongeurs; mais ce nombre varie quelquefois, surtout chez les femelles où il est considérable. Daubenton a déjà noté que la chienne n'a souvent que quatre mamelles d'un côté et cinq de l'autre; et tout le monde sait que les vaches ont fréquemment trois mamelons de chaque côté, dont le dernier est souvent imperforé.

La sécrétion lactée ne s'établit, dans les mamelles, qu'à la suite d'un travail préparatoire. Quelque temps avant l'époque de la parturition, elles commencent à se gonfler, deviennent fermes et pendantes; leur vascularité augmente, leur tissu change d'aspect, et les canaux galactophores acquièrent une ampleur considérable. Ces changements, liés à l'état de l'utérus vers le terme de la gestation, peuvent néanmoins survenir spontanément ou sous l'influence de causes diverses. Harvey parle de lapines qui, n'ayant pas été fécondées, ont les mamelles actives au moment où le part devrait s'effectuer; ces femelles peuvent alors allaiter des petits étrangers. Buffon cite l'exemple d'une chienne qui, sans avoir jamais reçu le mâle, éprouvait ce gonflement des mamelles à l'époque à laquelle elle aurait dû mettre bas si elle eût été fécondée au moment du rut précédent. Cette chienne donnait du lait et se chargeait de nourrir, avec une tendresse remarquable, les petits que l'on mettait auprès d'elle. Un fait analogue a été observé plusieurs fois par Rainard, et des chasseurs m'ont assuré qu'il n'était point très rare. J'ai vu moi-même une brebis de six mois, qui n'avait point encore été couverte, donner une quantité fort notable de lait très blanc, crémeux et coagulable, comme celui qui est sécrété dans les conditions ordinaires. Chez les mâles, les glandes mammaires peuvent également se développer sous l'influence d'excitations extérieures et donner du lait. Aristote cite un bouc de Lemnos qui donnait du lait. M. Geoffroy Saint-Hilaire a observé aussi un bouc qui fournissait par jour jusqu'à un demi-litre de ce liquide; M. de Humboldt a cité le fait d'un homme qui nourrit de son lait pendant plusieurs mois un enfant dont la mère était morte.

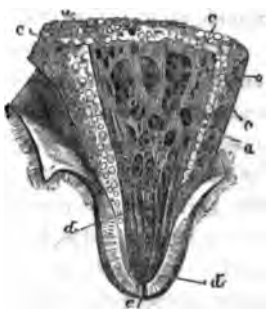
A part ces exceptions, fort rares, le développement des mamelles n'a lieu, et leur

activité n'est mise en jeu que dans les derniers moments de la gestation. Ce développement, qui est progressif, s'opère avec une lenteur variable suivant les espèces; il est tel que les génisses commencent à donner un lait jaunâtre et séreux huit à dix jours avant la parturition. Les chiennes, d'après les observations d'Aristote, en donnent déjà cinq jours et quelquefois sept avant cette époque. Au moment du part, et surtout quelques jours après, la sécrétion acquiert une grande activité.

Le mode de cette sécrétion paraît avoir beaucoup d'analogie avec celui de la sécrétion du sperme. Dans le plasma exhalé par les vaisseaux à la face interne des canalicules les plus fins, et à celle des dilatations vésiculaires qui les terminent, se développent des cellules jouissant de la propriété d'attirer à elles et de métamorphoser les matériaux mêmes du plasma. A l'intérieur de ces cellules se développent les globules du lait, que Henle regarde comme de la matière grasse renfermée dans une enveloppe de nature protéique. Ces globules deviennent libres par le fait de la dissolution des cellules arrivées à leur maturité. A mesure que des cellules se détruisent pour mettre en liberté le produit de leur élaboration, il s'en développe de nouvelles, qui, à leur tour, subissent le sort de celles qui les ont précédées, et ainsi de suite. Tant que la sécrétion reste active, on ne voit pas, d'après M. Ch. Robin, d'épithélium dans les petites dilatations qui terminent les canalicules glandulaires.

L'excrétion du produit de la sécrétion des glandes mammaires a ceci de particulier, qu'elle n'est point spontanée comme celle des autres produits de sécrétion. L'orifice commun des canaux galactophores est entouré d'un mamelon rétractile qui le tient constamment fermé, et qui ne lui permet de s'ouvrir que par le secours d'une pression exercée au-dessus de lui par les lèvres, les mâchoires du petit, ou par une main étrangère.

Fig. 114 (*).



Le mamelon, quelles que soient, du reste, sa forme et ses dimensions, représente un tube évasé supérieurement, rétréci à son extrémité libre, tube dont les parois sont élastiques et rétractiles, de sorte qu'elles tendent toujours à se rapprocher et tenir fermé l'orifice qui doit donner passage au lait. Chez la vache (fig. 114), où il a des parois fort épaisses, il faut exercer une assez forte pression sur sa partie supérieure pour forcer la résistance de l'orifice. Chez la chèvre, où il a des parois minces, il forme un grand cornet très évasé supérieurement et pouvant recevoir jusqu'à 1 décilitre de lait.

Le petit, lorsqu'il veut teter, saisit le mamelon par les lèvres et l'extrémité de ses mâchoires en ayant soin de le faire pénétrer assez avant dans sa bouche pour qu'il puisse presser la partie de la mamelle située immédiatement au-dessus du mamelon; alors il aspire, en faisant le vide dans sa bouche, à l'aide de sa langue dont la pointe reste appliquée sur les incisives inférieures, mais dont la base s'écarte et se rapproche alternativement du palais, sous l'influence de ses muscles propres et

(*) Fig. 114. — *Mamelon ou trayon de vache ouvert*, d'après Guibourt. — Dans sa cavité, aboutissent en *aa* les principaux conduits galactophores.

de ceux de l'appareil hyoïdien. Le vide qu'il produit par les mouvements de succion et la pression qu'il exerce sur la partie supérieure du mamelon font couler le lait.

Les petits des herbivores, en général, notamment ceux des solipèdes et des ruminants, se tiennent toujours, ainsi que leur mère, debout pour teter; ils tirent sur le mamelon, l'allongent et le pressent tout à la fois. Quand ils ont à peu près épuisé un trayon, ils en saisissent un autre, ils secouent la tête et en donnent de temps en temps des coups sur les mamelles. Les petits des carnassiers sont couchés sur le ventre et la mère est un peu penchée, ou quelquefois entièrement étendue sur le côté; ils frappent les mamelles avec leurs pieds de devant, comme les enfants le font avec leurs mains. Quand ils commencent à devenir forts et que la mère se tient debout, ils s'accroupissent ou s'élèvent sur leurs membres postérieurs et s'attachent aux mamelles, les bras élevés et appuyés sur elles dans une attitude analogue à celle des cariatides qui semblent soutenir quelque partie d'un monument.

La pression des doigts sur le mamelon fait sortir le lait de même que la succion opérée par la bouche des petits. Pour traire, les doigts saisissent la partie supérieure du mamelon, l'étreignent doucement, de manière à circonscrire entre le point le plus comprimé et l'orifice du trayon le lait renfermé dans la cavité de celui-ci; puis, en maintenant la compression, les doigts descendent un peu, et le lait qui ne peut refluer, du moins en totalité, vers la partie supérieure des conduits galactophores, force la résistance du petit sphincter et s'échappe à l'extérieur; en un seul jet chez la vache, en deux ou trois chez la jument, en quatre ou cinq chez la lapine et en huit ou dix dans la chienne. Cette action, pour être exécutée convenablement, exige un certain art, car suivant la réflexion de Bordeu, tout le monde saurait traire s'il suffisait de comprimer le mamelon.

Il arrive assez communément que les femelles ne se laissent traire qu'avec difficulté et retiennent leur lait, comme on le dit, surtout quand elles sont inquiètes, contrariées, ou lorsqu'une main étrangère les trait pour la première fois. Elles le retiennent aussi souvent quand elles ne voient pas leurs petits non encore sevrés, comme Hunter en avait fait la remarque pour l'ânesse. De même une femelle, fût-elle privée de ses nourrissons, refuse presque toujours d'allaiter d'autres petits de son espèce ou d'espèce différente. Cependant, il est très ordinaire de voir les vaches, les chèvres et les brebis privées de leurs petits, en adopter d'autres auxquels elles s'attachent comme si elles leur eussent donné le jour. On a vu même des chiennes allaiter de petits chats et d'autres des louveteaux. Mais ce qu'on dit des vaches et des brebis qui se laissent traire par des serpents ne paraît pas possible.

Le lait s'échappe quelquefois spontanément au dehors, c'est lorsque la secrétion est très abondante et qu'on néglige de traire les femelles privées de leurs petits. Dans ce cas, les conduits galactophores et le sinus du mamelon sont tellement distendus, que la compression à laquelle le liquide est soumis force la résistance de l'orifice de ce sinus. Un écoulement semblable a lieu d'une manière continue si l'on engage dans le mamelon un tube qui maintienne béant son orifice : alors le liquide s'échappe de la mamelle par son propre poids.

Le produit de la sécrétion mammaire est un fluide blanc, opaque, d'un léger reflet bleuâtre ou jaunâtre, dans quelques espèces, d'une saveur douce. Il est généralement alcalin chez les herbivores, acide chez les carnassiers.

Examiné au microscope, le lait se montre composé d'un liquide incolore, transparent, dans lequel nagent des corpuscules arrondis qui donnent au liquide sa teinte blanche et son opacité. Ces globules, que Leeuwenhoeck avait déjà aperçus, sont sphériques, diaphanes, d'un diamètre qui, d'après les observations de M. Donné (1), varie de un trois-centième à un cent-vingtième de millimètre. Ils paraissent constitués par une matière grasse, revêtue d'une couche de matière protéique, probablement de caséine. Ce qui tend à le démontrer, c'est que l'acide acétique les déforme, en laisse sortir des gouttelettes de graisse et les agglutine entre eux, car il dissout leur enveloppe. Ce qui le prouve encore, c'est que l'éther ne peut les dissoudre, et les séparer du sérum, tandis que l'éther, mêlé avec un peu de potasse ou d'acide acétique, transforme le lait en un fluide incolore et transparent. Alors la potasse ou l'acide dissout l'enveloppe du globule dont la graisse peut à son tour entrer en dissolution dans l'éther. Dans cette matière grasse du lait, au moment du refroidissement, MM. Robin et Verdeil (2) ont vu se former des cristaux de margarine.

Les globules du lait se trouvent quelquefois, notamment dans le colostrum, et quelques jours encore après la parturition, réunis en masses irrégulières par la caséine dont l'aspect est parfaitement homogène. Ces agglomérations ne se rencontrent pas habituellement dans d'autres conditions.

Le lait abandonné à lui-même, au contact de l'air, ne tarde pas à perdre son alcalinité et à devenir acide par suite d'une formation d'acide lactique aux dépens de ses principes constitutifs. Il se recouvre d'une couche onctueuse, dont l'épaisseur augmente peu à peu pendant que le reste, d'abord liquide, finit par se coaguler. La couche crémeuse est formée par les globules, qui doivent à la graisse leur légèreté spécifique, par de la caséine et par du sérum qu'ils ont entraînés avec eux. Le sérum, qui tient en suspension la plus grande partie de la caséine et les principes solubles, se coagule lorsqu'il s'est formé une suffisante quantité d'acide lactique. Plus tard, le coagulum, qui est spongieux, laisse sourdre autour de lui, comme le fait le caillot sanguin, un fluide jaunâtre, chargé de sucre et de sels.

Le lait a une composition moins compliquée que divers fluides animaux, bien qu'il doive fournir pendant longtemps tous les matériaux nécessaires au développement du jeune sujet. Berzelius (3) a analysé isolément la crème et le lait écrémé de la vache. La première contient, sur 100 parties : 4,5 de beurre obtenu par le battage ; 3,5 de caséine obtenue par la coagulation du lait de beurre, et 92 de sérum. Le lait écrémé renferme pour 100 parties : eau, 92,875 ; caséine avec traces de beurre, 2,600 ; sucre de lait, 3,500 ; extrait alcoolique, acide lactique, lactates, 0,600 ; chlorure de potassium, 0,170 ; phosphate alcalin, 0,025 ; phosphate de chaux, chaux combiné avec la caséine, magnésie et traces d'oxyde de fer, 0,230.

Le lait de vache, analysé en masse par M. Poggiale, a donné sur 1000 parties : eau, 862,8 ; beurre ; 43,8 ; sucre de lait ; 52,7 ; caséum, 32,0 ; sels, 2,7.

(1) *Cours de microscopie*. Paris, 1844, p. 347.

(2) *Chimie anatomique et physiologique normale et pathologique, ou des principes immédiats normaux et morbides*, etc. Paris, 1853, pl. XLV.

(3) *Traité de chimie* de MM. Pelouze et Fremy, t. IV, p. 823.

Le lait des carnassiers a une composition sensiblement différente de celle du lait de vache. M. Dumas l'a déterminée pour une chienne, d'abord exclusivement nourrie de chair pendant quinze jours, puis soumise à un régime mixte de pain et de bouillon gras pendant une autre quinzaine :

	Régime animal.	Régime mixte.
Caséum et sels insolubles.....	15,85	12,17
Beurre.....	5,15	6,84
Matière extractive, sels solubles..	4,13	5,04
Eau.....	74,87	75,95
	100,00	100,00

Sous l'influence du régime mixte, le lait contenait moins de caséine, plus de beurre et plus d'eau ; il contenait également du sucre de lait dont il n'avait pas présenté de traces pendant le régime animal. Néanmoins il est à noter que, depuis cette analyse, M. Poggiale (1), qui s'est servi de réactifs très sensibles, à l'aide desquels on décèle la présence du sucre, a constaté l'existence de ce dernier principe dans le lait de chienne exclusivement nourrie de chair. Ceci s'explique naturellement depuis qu'il a été démontré, par les expériences de M. Cl. Bernard, qu'il y a constamment du sucre dans les vaisseaux sus-hépatiques des chiens nourris d'aliments azotés, et par les miennes, qu'il se forme du sucre dans l'intestin aux dépens des matières azotées.

La sécrétion du lait éprouve un très grand nombre de modifications qui portent sur son activité, sur la quantité, les propriétés physiques, la composition chimique de son produit, et qui dépendent des périodes de la lactation, du régime, de l'état général de l'organisme, et en particulier de celui des glandes mammaires.

L'activité de la sécrétion lactée est lente et progressive comme celle de toutes les glandes dont l'action intermittente reste longtemps suspendue ; elle ne peut arriver que d'une manière insensible à son plus haut degré, car les mamelles, peu développées avant l'âge de la fécondité et presque atrophiées pendant les intervalles de la gestation, doivent tout d'abord développer et accroître leurs éléments anatomiques. Du reste, la glande se réveille avec lenteur, et elle a besoin de s'essayer en quelque sorte avant d'atteindre le maximum de sa puissance fonctionnelle.

Une fois que la sécrétion est bien établie, la condition essentielle qui entretient son activité et la porte à son maximum est l'évacuation de son produit, répétée à des intervalles assez rapprochés. On pense généralement que pendant que le petit tette ou lorsqu'on trait une femelle, la secrétion lactée est très abondante ; mais l'expérience démontre que, dans ces deux conditions, l'excitation n'a pas d'effet immédiat bien sensible. Seulement l'évacuation du lait, en rendant les canaux et les sinus galactophores entièrement libres, est bientôt suivie d'un redoublement du travail sécrétoire. Pour m'assurer du fait, j'ai fait traire une vache pendant deux jours de suite, une fois le matin et une fois le soir, en alternant l'ordre suivant lequel les mamelons étaient privés de leur lait, et je n'ai pas vu, à part les différences d'activité des quartiers de la mamelle, que le second trayon donnât plus de

(1) Cl. Bernard, *Leçons de physiologie expérimentale*, Paris, 1855, p. 497.

it que le premier, le troisième plus que le second, le quatrième plus que le oisième.

I. MATIN DU PREMIER JOUR.			II. SOIR DU PREMIER JOUR.			III. MATIN DU SECOND JOUR.			IV. SOIR DU SECOND JOUR.		
Ordre de la traite.	Trayons.	Quantité de lait en grammes.	Ordre de la traite.	Trayons.	Quantité de lait en grammes.	Ordre de la traite.	Trayons.	Quantité de lait en grammes.	Ordre de la traite.	Trayons.	Quantité de lait en grammes.
1.	antér. droit.	1040	1.	postér. droit.	980	1.	ant. gauche.	870	1.	post. gauche.	1270
2.	postér. droit.	950	2.	antér. droit.	870	2.	post. gauche.	1060	2.	ant. gauche.	940
3.	post. gauche	1050	3.	ant. gauche.	760	3.	postér. droit.	810	3.	antér. droit.	1060
4.	ant. gauche.	780	4.	post. gauche.	870	4.	antér. droit.	720	4.	post. droit.	860
	Total....	3820		Total....	3480		Total....	3460		Total...	4130

L'activité de la sécrétion est à son maximum dans le premier et le deuxième mois qui suivent la parturition, puis elle diminue progressivement jusqu'à la fin de la période pendant laquelle l'action de traire entretient le travail des mamelles. C'est ce que montre le tableau suivant emprunté à M. Boussingault (1).

Nos DES VACHES.	DATE DU PART et de la disparition du lait.		1er MOIS.	2e MOIS.	3e MOIS.	4e MOIS.	5e MOIS.	6e MOIS.	7e MOIS.	8e MOIS.	9e MOIS.	10e MOIS.	11e MOIS.	12e MOIS.	13e MOIS.	QUANTITÉ TOTALE du lait obtenu.	QUANTITÉ MOYENNE par jour.
			litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	litr.	lit.	litr.	litr.
1	2 juin.	par m.	28 j. 280	310	340	292	304	229	204	191	165	90	20	»	»	2396	7,4
	21 avr. suiv.	par j.	10,0	10,0	10,0	9,7	9,8	7,6	6,6	6,2	5,9	2,9	1,0	»	»		
2	26 fév.	par m.	2 j. 20	310	369	306	303	394	346	261	287	212	164	140	42	3124	8,7
	21 fév. suiv.	par j.	10,0	10,0	12,3	9,9	10,1	12,7	10,2	8,7	9,3	7,1	5,3	4,7	2,0		
3	8 avr.	par m.	22 j. 235	345	334	345	300	230	182	133	58	»	»	»	»	2164	8,1
	31 déc. suiv.	par j.	10,7	11,1	11,1	11,1	9,7	7,7	5,9	4,3	1,9	»	»	»	»		

Le produit total de la secrétion du lait augmente considérablement chez les femelles herbivores sous l'influence du régime vert, à l'étable ou au pâturage. Aussi,

(1) *Ouv. cit*, t. II, 2e édit., p. 516.

quand les vaches mettent bas à la fin de l'hiver, la nourriture abondante et aqueuse qu'elles reçoivent dans les mois qui suivent le part entretient la sécrétion à son taux initial, et même l'augmente parfois suivant une proportion fort sensible. Les conditions de régime étant les mêmes pour des femelles d'une espèce quelconque, l'abondance de la sécrétion est à peu près proportionnée à la taille. D'après les évaluations les plus exactes données par divers agronomes, de Dombasle, Thaër, Perrault, d'Angeville, Boussingault entre autres, des vaches d'un poids moyen de 275 kilogrammes donneraient annuellement, c'est-à-dire environ pendant les dix mois qui suivent le part, 900 litres de lait; d'autres de 400 kilogrammes en donneraient 1700 litres; d'autres de 600 kilogrammes, 2500 litres; enfin, d'autres encore pourraient en fournir 3000, 4000 et même 5000, c'est-à-dire de 12 à 14 litres par jour, proportion énorme relativement à celle que ces mêmes femelles donneraient dans l'état de nature pour élever leurs petits. Déjà, dans les savannes de certaines parties chaudes de l'Amérique, elles ne donnent pas, dit-on, terme moyen, 2 litres de lait par jour.

Le produit de la sécrétion mammaire se modifie suivant les périodes de la lactation, la nature de l'alimentation, et une foule de circonstances dont les principales méritent d'être mentionnées.

Ce fluide, d'après les observations de M. Lassaigne, est, chez la vache, trente à quarante jours avant la parturition, dépourvu totalement de caséine, de sucre et d'acide lactique, et présente une réaction alcaline due en grande partie à de la soude libre; dix jours avant le part, il a déjà une saveur sucrée avec tous les éléments qu'il aura plus tard, plus une certaine quantité d'albumine; quatre à six jours après, il offre la composition et les caractères qu'il doit conserver par la suite. Quelques jours avant et après la naissance, il est jaunâtre, d'une saveur peu agréable. Ce *colostrum* est coagulé par la chaleur en raison de l'albumine qu'il contient. M. Donné y a signalé la présence de corpuscules résultant de l'agglomération de granules très fins. M. Boussingault a trouvé celui de la vache, peu après la parturition, composé ainsi qu'il suit : eau, 75,8; caséum albumineux, 15,0; beurre, 2,6; sucre de lait, 3,6; sels, 3,0.

Le lait se modifie même suivant qu'il coule, au commencement, au milieu ou à la fin d'une traite, qui cependant n'est pas de très longue durée : c'est ce que montre une analyse de M. Péligot faite sur du lait d'ânesse :

Composition.	Au commencement.	Au milieu.	A la fin de la traite.
Beurre.....	0,96	1,02	1,52
Sucre de lait.....	6,50	6,48	6,43
Caséum.....	1,76	1,95	2,95
Matières solubles.....	9,22	9,45	10,92

Le lait change notablement, sous le rapport de ses propriétés physiques et de sa composition, suivant la nature de l'alimentation. Les recherches de M. Boussingault nous donnent encore des renseignements précieux à cet égard, et en ce qui concerne les femelles de l'espèce bovine. Ces femelles étaient rationnées avec l'équivalent de 15000 grammes de foin.

ALIMENTS.	NOMBRE de jours écoulés depuis le part.	CASÉUM.	BEURRE.	LACTINE.	EAU.	SUBSTANCES sèches dans 100 de lait.
	jours.					
Foin	200	3,1	4,5	4,7	87,7	12,3
Foin, trèfle vert	24	3,2	3,5	4,5	88,7	11,2
Trèfle vert	35	3,4	5,6	4,2	86,8	13,2
Trèfle vert	193	4,3	2,2	4,7	89,7	10,3
Trèfle vert	204	3,9	3,5	5,2	87,4	12,6
Foin, pommes de terre	176	3,6	4,8	5,1	86,5	13,5
Pommes de terre	229	3,6	4,0	5,9	86,5	13,5
Betteraves	215	3,6	4,0	5,3	87,1	12,9
Navets	207	3,2	4,2	5,0	87,6	12,4
Topinambours	290	3,5	3,5	5,5	87,5	12,5

Le lait se modifie encore, dans sa composition, et surtout dans ses caractères physiques, sa couleur, sa saveur, sa coagulabilité, sous l'influence de certaines plantes ou de certains principes alimentaires. On sait que les crucifères, le chou en particulier, rendent la saveur du lait moins agréable ; que la paille d'orge lui donne souvent une légère amertume ; que les labiées lui donnent un parfum particulier ; l'ail, l'oignon, une odeur rappelant celle de ces liliacées. Le lait prend, d'après Parmentier, au bout de quelques jours, une teinte rougeâtre si de la garance a été donnée avec les aliments ; il devient, dit-on, jaunâtre sous l'influence du curcuma ; un peu bleuâtre par celle de quelques euphorbiacées. Le safran donné aux vaches communique au beurre seulement une couleur jaunâtre très prononcée. Tout cela s'explique quand on se rappelle que les glandes mammaires sont, de même que les autres organes sécréteurs, des couloirs par lesquels s'éliminent, plus ou moins, les principes étrangers introduits dans l'organisme et impropres à l'assimilation ; aussi plusieurs substances données à la mère, à titre de médicaments, vont-elles agir sur ses petits en passant par le lait.

Ce fluide est encore susceptible d'éprouver des altérations diverses dont les causes sont parfois peu appréciables. Il devient bleu par taches dans la crème, et plus tard uniformément dans le sérum, par suite du développement d'infusoires désignés par Fuchs sous le nom de *vibrions cyanogènes*. Il prend une teinte jaune, d'après ce dernier observateur, quand il se développe, dans sa masse après son extraction, une autre espèce d'infusoires de couleur jaunâtre. Il acquiert quelquefois une teinte rosée que l'on dit tenir à des globules de sang échappés des vaisseaux mammaires.

Enfin, dans plusieurs états pathologiques, de l'économie ou des mamelles, le lait change de couleur, de saveur, perd plus ou moins la faculté de se coaguler, ou se prend même, dans les sinus de la glande, en petits caillots dont la précipitation s'opère aussitôt que le lait est recueilli. Ces coagulums sont formés, d'après M. le professeur Delafond (1), par de la caséine, de la graisse et des débris de l'épithélium des canaux galactophores.

(1) *Traité de pathologie générale comparée des animaux domestiques*, 2e édit. Paris, 1855, p. 637.

Tel est l'aliment que les mamelles préparent pour la nutrition et l'accroissement du jeune animal. Cet aliment, le seul dont les petits des mammifères puissent faire usage dans les premiers temps de la vie extra-utérine, offre l'assemblage de tous les matériaux nécessaires à la formation des tissus et des liquides de l'organisme ; il fournit, par sa caséine, le principe protéique du sang, de la peau, des muscles, du squelette ; par ses éléments minéraux et salins, les sels de toutes ces parties ; enfin, par sa matière grasse et son sucre, il donne, comme le pense Liebig, le combustible qui est employé, par la respiration, à l'entretien de la chaleur animale.

L'accroissement des jeunes animaux, pendant qu'ils vivent du lait de leur mère, se fait avec une très grande rapidité, car de jeunes chiens peuvent doubler leur poids initial en six jours seulement. En trente jours, dix chiens d'une même portée, réduits à neuf le vingt-cinquième, et ne prenant que le lait de la mère, si ce n'est pendant les dix derniers jours, augmentèrent du poids total de 16 kil. 186 grammes. Ils pesaient ensemble, à la naissance, 5029 grammes ; et à la fin du premier mois, 21215 grammes. Le poids initial a été, par conséquent, plus que triplé. Dans le tableau suivant se trouvent indiqués pour chaque jour le poids de chaque chien de la portée et son augmentation sur le jour précédent. Ce tableau montrera, au premier coup d'œil, les grandes différences individuelles, sous le rapport de l'activité de l'accroissement, parmi des animaux se trouvant dans les mêmes conditions.

Pendant que l'accroissement s'opère avec rapidité, l'économie éprouve des changements remarquables dans la structure et le mode d'action des appareils organiques.

Dès que le jeune animal est sorti du sein de sa mère, la respiration s'est établie, et avec elle la circulation s'est modifiée. Le cours du fluide nutritif s'est limité tout d'un coup au fœtus : le sang qui allait se vivifier dans le placenta, est porté, dans le même but au poumon pour s'y mettre en rapport avec l'air atmosphérique ; ce même fluide qui, jusqu'alors, avait emprunté des matériaux à la mère, par l'intermédiaire du placenta, va les puiser dans l'intestin où le premier aliment se digère avec une extrême facilité.

Par suite de ces premières modifications, les dispositions anatomiques qui réglaient le cours du sang pendant la vie intra-utérine s'effacent : le trou de Botal s'oblitère peu à peu, ainsi que le canal artériel, le canal veineux, la veine et les artères ombilicales. Le trou de Botal se ferme aux dépens de la valvule qui le circonscrivait en grande partie ; son oblitération est complète, d'après les observations de M. Flourens, au bout de douze jours sur le cochon d'Inde, de seize sur le lapin, de vingt-trois sur le chien ; mais elle ne l'est que de un à deux ans dans l'espèce bovine. Le canal artériel s'oblitère en moins d'un mois, et dès les premiers moments sa cavité est si rétrécie et ses parois sont si épaisses, qu'il cesse à peu près complétement de donner passage à du sang. La veine ombilicale et le canal veineux s'affaissent très vite ; dès les premiers moments, le sang ne coule plus dans la première, bien que sa cavité puisse encore persister longtemps et jusqu'au bout de six mois, comme je l'ai vu sur le lion. Les artères ombilicales cessent aussi d'être parcourues par un courant sanguin, bien qu'elles restent encore un peu perméables au sang, surtout à leur partie supérieure, et même pendant toute la vie, comme les injections le font voir souvent sur le cheval. Les vaisseaux omphalo-mésentériques,

JOURS de l'expérience.		1er CHIEN.	2e CHIEN.	3e CHIEN.	4e CHIEN.	5e CHIEN.	6e CHIEN.	7e CHIEN.	8e CHIEN.	9e CHIEN.	10e CHIEN.	POIDS TOTAL et augmentation totale diurne des dix chiens.
1er	Poids.....	520	525	400	532	545	578	495	445	475	514	5029
2e	Poids.....	605	602	460	605	602	640	537	510	525	570	5656
	Augmentation.	85	77	60	73	57	62	42	65	50	56	627
3e	Poids.....	695	675	502	660	665	750	580	565	625	670	6387
	Augmentation.	90	73	60	55	63	110	43	55	100	100	749
4e	Poids.....	800	715	507	695	780	820	655	577	662	667	6878
	Augmentation.	105	40	5	35	115	70	75	12	37	»	494
5e	Poids.....	845	740	540	730	842	820	693	668	710	728	7316
	Augmentation.	45	25	33	35	62	»	38	91	48	61	494
6e	Poids.....	935	795	550	770	934	840	757	677	745	823	7826
	Augmentation.	90	55	10	40	92	20	64	9	35	95	510
7e	Poids.....	1021	872	595	815	990	1065	833	728	805	915	8639
	Augmentation.	86	77	45	45	56	225	76	51	60	92	813
8e	Poids.....	1070	915	595	812	1022	1040	897	762	815	945	8873
	Augmentation.	49	43	»	»	32	»	67	34	10	30	265
9e	Poids.....	1170	935	620	933	1165	1115	990	790	885	1045	9648
	Augmentation.	100	20	25	121	141	175	93	28	68	100	831
10e	Poids.....	1225	935	632	945	1315	1160	1020	840	895	1045	10012
	Augmentation.	55	»	12	12	170	45	30	50	10	»	384
11e	Poids.....	1275	890	590	965	1290	1190	1090	910	1010	1060	10270
	Augmentation.	50	»	»	20	»	30	70	70	115	15	435
12e	Poids.....	1385	915	615	1055	1355	1360	1227	930	1080	1162	11084
	Augmentation.	110	35	35	95	65	170	137	20	70	102	679
13e	Poids.....	1460	935	600	1145	1500	1375	1330	1050	1105	1190	11690
	Augmentation.	75	20	»	90	155	15	103	120	125	128	631
14e	Poids.....	1520	935	580	1220	1660	1428	1355	1150	1155	1245	12248
	Augmentation.	60	»	»	75	160	53	5	100	50	55	578
15e	Poids.....	1610	960	510	1300	1740	1480	1420	1165	1220	1350	12755
	Augmentation.	90	25	30	80	80	52	65	25	65	105	542
16e	Poids.....	1620	990	520	1380	1810	1430	1600	1190	1300	1390	13230
	Augmentation.	10	30	10	80	70	»	180	25	80	40	525
17e	Poids.....	1680	960	525	1440	1900	1455	1625	1210	1270	1390	13455
	Augmentation.	60	»	5	60	90	15	25	30	»	»	285
18e	Poids.....	1770	940	480	1530	1940	1540	1669	1240	1340	1420	14269
	Augmentation.	90	»	»	90	40	85	44	40	70	30	479

JOURS de l'expérience.		1er CHIEN.	2e CHIEN.	3e CHIEN.	4e CHIEN.	5e CHIEN.	6e CHIEN.	7e CHIEN.	8e CHIEN.	9e CHIEN.	10e CHIEN.	POIDS TOTAL et augmentation totale absolue des chiens
19e	Poids.....	1755	940	475	1665	2010	1500	1685	1340	1405	1435	4210
	Augmentation.	»	»	»	135	170	»	16	100	60	15	2196
20e	Poids.....	1855	948	460	1652	2110	1547	1730	1365	1530	1492	14409
	Augmentation.	100	8	»	»	100	47	65	25	125	57	527
21e	Poids.....	2100	980	450	1640	2230	1610	1830	1390	1600	1595	15425
	Augmentation.	245	32	»	»	120	63	80	25	70	103	685
22e	Poids.....	2120	1000	475	1755	2405	1620	1780	1430	1640	1630	15875
	Augmentation.	20	20	25	115	175	10	»	140	40	55	590
23e	Poids	2210	1020	450	1830	2570	1640	1860	1500	1630	1755	16469
	Augmentation.	90	20	»	75	165	20	80	70	90	105	625
24e	Poids	2215	1080	425	1960	2610	1830	2030	1610	1795	2065	17630
	Augmentation.	5	60	»	130	40	180	190	110	165	310	1250
25e	Poids.....	2285	1090	mort	2060	2665	1870	2080	1710	1900	2090	17750
	Augmentation.	70	10	»	100	55	40	30	100	105	25	535
26e	Poids.....	2300	1090	»	2200	2770	2000	2220	1765	1935	2155	18435
	Augmentation.	15	»	»	140	5	130	140	55	55	65	550
27e	Poids.....	2360	1150	»	2280	2885	2115	2285	1845	1980	2160	18560
	Augmentation.	60	60	»	80	115	115	65	40	25	5	665
28e	Poids.....	2610	1160	»	2280	3040	2240	2480	1870	2260	2360	1 830
	Augmentation.	250	10	»	»	155	125	195	25	180	200	1165
29e	Poids.....	2680	1220	»	2310	3115	2405	2410	1885	2360	2410	20795
	Augmentation.	70	60	»	30	75	105	»	15	100	50	565
30e	Poids.....	2680	1200	»	2420	3170	2360	2480	1960	2300	2340	20910
	Augmentation.	»	»	»	110	55	»	70	75	60	»	370
31e	Poids.....	2790	1175	»	2525	3130	2360	2490	1980	2413	2350	21215
	Augmentation.	110	»	»	105	»	»	10	20	115	10	470

l'artère et la veine, qui déjà, avant la naissance, n'avaient plus de lumière, disparaissent totalement. Néanmoins on les voit encore très bien sur les chiens de un à deux mois.

Le thymus ne tarde pas à diminuer de volume relativement au reste du corps, mais il ne disparaît cependant pas très vite; car, sur les chiens et les chats de deux à trois mois, il offre encore un développement considérable, et l'on en trouve, du reste, sur le bœuf et le cheval, jusque dans le cours de la deuxième année. La peau, chez les animaux nus au moment de la naissance, se couvre de poils. Les paupières des chats commencent à se décoller et à s'écarter l'une de l'autre à l'angle nasal le

huitième ou le neuvième jour; celles des chiens, le onzième ou le douzième, et quelquefois seulement le vingtième. Mais les yeux ne s'ouvrent pas tout d'un coup; en général, le premier jour du décollement des paupières, ils s'ouvrent un peu à l'angle nasal; le second, à demi; et le troisième, entièrement; du reste, dans la même portée, il est des petits qui sont deux ou trois jours en retard sur les autres. Sous ce rapport, il y a un contraste remarquable entre ces animaux si longtemps aveugles et les petits des solipèdes et des ruminants qui voient si bien et jugent des distances avec tant de précision, tout en sortant du sein de la mère.

Peu à peu, les jeunes animaux prennent de la vivacité. Les petits carnassiers qui, d'abord, ne faisaient que ramper, commencent au bout de quinze à vingt jours à marcher, puis à se tenir assez bien debout. Alors la mère n'est plus obligée de les emporter avec ses dents quand elle veut les faire changer de place. Mais, dès les premiers jours, les petits solipèdes et ruminants se tiennent bien debout et sont capables de suivre leur mère.

A mesure que les jeunes animaux grandissent, leurs organes digestifs se préparent à élaborer une nourriture autre que le lait maternel dont la proportion n'est bientôt plus en harmonie avec les besoins de la nutrition; ils cherchent à manger tout en continuant à teter; et pour obéir à cette modification des instincts de conservation, ils commencent à s'éloigner de la mère à des intervalles de plus en plus prolongés. Celle-ci semble leur prodiguer moins de soins : sa sollicitude pour eux paraît s'affaiblir; parfois, elle cherche à s'éloigner quand ses petits viennent s'attacher à ses mamelles; plus tard, elle fuit à leur approche, murmure dès qu'ils saisissent les mamelons. La chienne semble alors les menacer de quelques coups de dents, et la vache de coups de pied. Enfin, il arrive un moment auquel la sécrétion mammaire tarit, et les mamelons deviennent sensibles à la pression des mâchoires qui s'arment de dents aiguës, surtout chez les carnassiers. Alors l'animal est forcé de se sevrer, vers six semaines à deux mois chez le chien et chat, et probablement chez d'autres carnassiers, vers cinq à six mois seulement chez les solipèdes et les ruminants que l'on ne sépare point de leur mère.

Dès lors, les relations entre la mère et ses petits changent considérablement. Aussitôt que ceux-ci cherchent à partager la proie qu'on jette à la première, la mère les menace, les repousse même, et ne les laisse entrer en partage que de guerre lasse et pour ne pas perdre sa part. Enfin, les liens de famille se rompent par l'impérieuse nécessité de la conservation individuelle. La femelle, parmi les carnassiers, force sa progéniture à s'éloigner; elle ne veut plus rien avoir de commun avec ses petits, pas même la circonscription dans laquelle elle les a élevés; ceux-ci ne voient plus dans leur mère qu'une inconnue, ils s'en séparent et se séparent les uns des autres. Au contraire, parmi les herbivores, les liens de la famille ne se rompent point pour une pâture que ces derniers trouvent en abondance et dont ils jouissent paisiblement; loin de là, ils s'étendent à une espèce de société qui devient pour tous une famille commune.

FIN DU TOME SECOND ET DERNIER.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE SECOND VOLUME.

LIVRE CINQUIÈME.

DE L'ABSORPTION.

CHAP. XXX. **De l'absorption lymphatique**..... 2
I. De l'absorption par les chylifères. 2
II. De l'absorption par les lymphatiques..... 10
CHAP. XXXI. **De l'absorption veineuse.** 19
CHAP. XXXII. **De l'absorption superficielle**..... 23
I. De l'absorption cutanée..... 23
II. De l'absorption par la muqueuse digestive..... 28
III. De l'absorption dans les voies aériennes..... 39
IV. De l'absorption dans les voies glandulaires..... 41
V. De l'absorption dans les membranes séreuses..... 43
VI. De l'absorption sur les surfaces accidentelles..... 44
CHAP. XXXIII. **De l'absorption interstitielle**..... 46
CHAP. XXXIV. **Du mécanisme de l'absorption**..... 48
CHAP. XXXV. **Du cours du chyle et de la lymphe**..... 64
I. Du trajet de la lymphe et du chyle. 64
II. Des causes de la progression du chyle et de la lymphe..... 86
III. Des caractères généraux de la progression lymphatique..... 96

LIVRE SIXIÈME.

DE LA RESPIRATION.

CHAP. XXXVI. **Des phénomènes mécaniques de la respiration**..... 120
I. De l'inspiration..... 120
§ I. De la dilatation transversale du thorax..... 120
§ II. De la dilatation longitudinale du thorax..... 130
§ III. De la dilatation du poumon et des autres parties de l'appareil respiratoire..... 134
II. De l'expiration..... 142
§ I. Du rétrécissement du thorax suivant le sens transversal..... 142
§ II. Du resserrement du thorax suivant le sens antéro-postérieur... 145
§ III. Du retrait du poumon et du resserrement des autres parties de l'appareil respiratoire..... 147
III. Du rhythme de l'inspiration et de l'expiration..... 150
IV. Des variétés des actes mécaniques de la respiration..... 155
CHAP. XXXVII. **Des phénomènes chimiques de la respiration**..... 162
I. Du sang..... 163
§ I. Des caractères et des propriétés physiques du sang..... 167
§ II. De la constitution chimique du sang..... 174

§ III. Des modifications des propriétés et de la composition du sang. 180
II. Des changements que l'air et le sang éprouvent dans la respiration 185
§ I. Des changements éprouvés par l'air 185
§ II. Des changements éprouvés par le sang 192
III De l'essence des phénomènes de la respiration 198
CHAP. XXXVIII. **De l'influence du système nerveux sur les phénomènes de la respiration** 219

LIVRE SEPTIÈME.

DE LA CIRCULATION.

CHAP. XXXIX. **Considérations générales sur la circulation et sur le système vasculaire** 240
CHAP. XL. **De l'action du cœur et du cours du sang dans les cavités de cet organe** 250
I. Des mouvements du cœur 251
§ De la systole 254
§ De la diastole 256
II. Du rhythme de l'action du cœur. 259
III. Du cours du sang dans les cavités du cœur 272
IV. De la nature des mouvements du cœur 278
CHAP. XLI. **Du cours du sang dans les artères** 287
I. Des causes du cours du sang dans les artères 288
II. Des caractères du mouvement du sang dans les artères 294
CHAP. XLII. **Du cours du sang dans les capillaires** 302
CHAP. XLIII. **Du cours du sang dans les veines** 309
I. Des caractères du cours du sang dans les veines 309
II. Des causes du mouvement du sang veineux 311
III. Des particularités de la circulation veineuse 321
§ I. Du cours du sang dans les veines de l'encéphale et de la moelle épinière. 321
§ II. Du cours du sang dans le système de la veine porte 324
§ III. Du cours du sang dans les tissus érectiles 333
CHAP. XLIV. **Des phénomènes généraux de la circulation** 334

LIVRE HUITIÈME.

DE LA NUTRITION.

CHAP. XLV. **Des phénomènes généraux de la nutrition** 355
I. De la formation et du renouvellement des fluides organiques 355
II. De la formation et du renouvellement des solides organiques 360
§ I. Du mode de répartition des éléments du sang aux parties solides. 360
§ II. De la sélection exercée par les éléments des tissus sur ceux du sang 362
§ III. De la métamorphose des éléments du sang en ceux des tissus. 363
§ IV. Du rhythme de la conversion des principes du sang en solides organiques 366
III. De la statique de la nutrition des fluides et des solides organiques. 373
CHAP. XLVI. **Des phénomènes spéciaux de la nutrition** 386
CHAP. XLVII. **De la reproduction** 409

LIVRE NEUVIÈME.

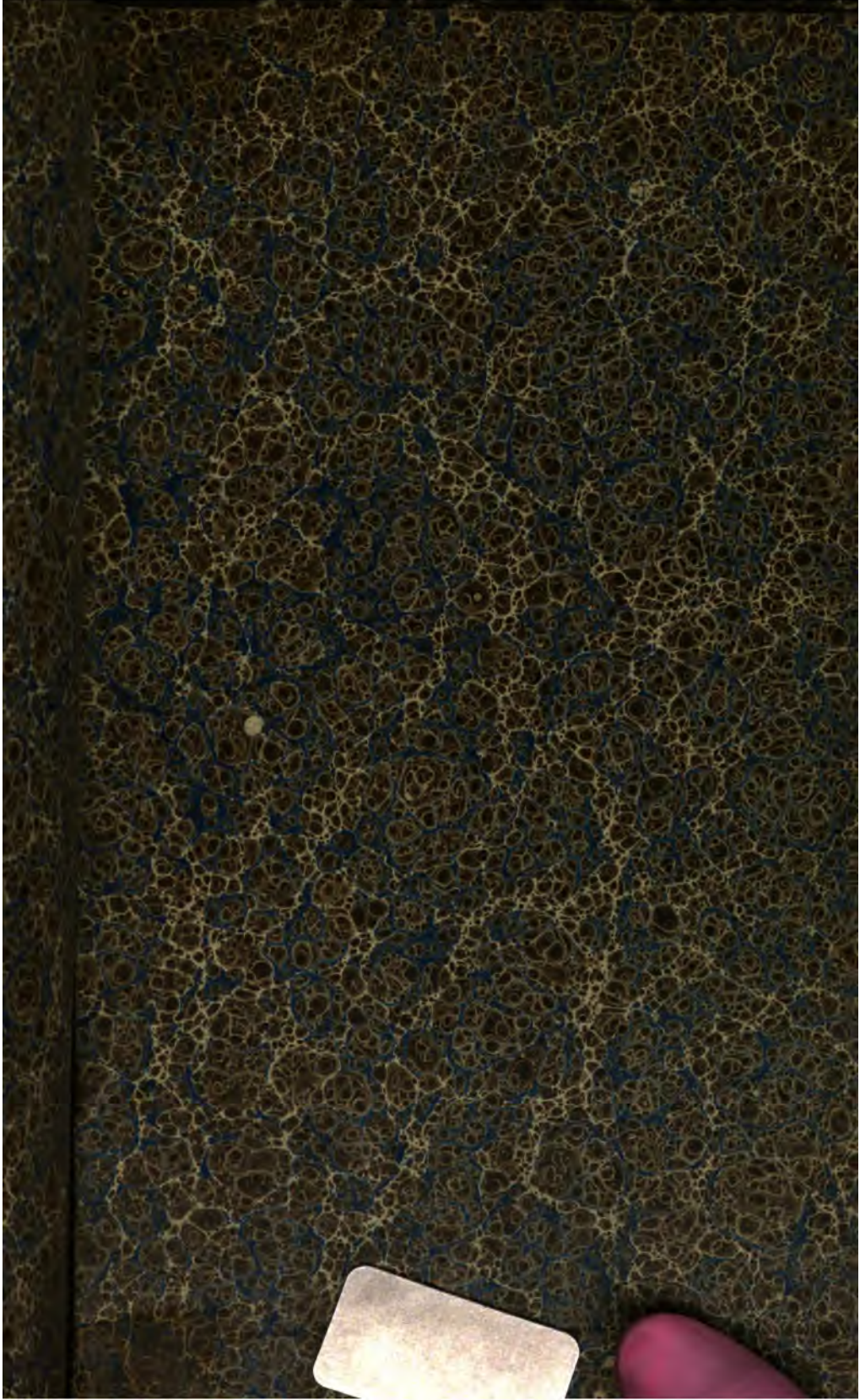
DES SÉCRÉTIONS.

CHAP. XLVIII. **Des sécrétions en général** 413
I. Du rôle du sang dans la sécrétion. 413
II. Du rôle des glandes dans la sécrétion 415
III. Du rôle du système nerveux dans les sécrétions 421
IV. Des caractères généraux des sécrétions 424

CHAP. XLIX. **Des sécrétions en particulier**..... 429
Sérosité cellulaire..... 430
Graisse..... 431
Sérosité des séreuses..... 437
Synovie..... 439
Transpiration cutanée..... 441
Matière sébacée..... 446
Mucus..... 449
Larmes..... 450
Salive..... 451
Bile..... 453
Sucre..... 461
Urine..... 469
Glandes thyroïdes..... 478
Thymus..... 480
Rate..... 480
Capsules surrénales..... 483

LIVRE DIXIÈME.

DE LA GÉNÉRATION.

CHAP. L. **Des divers modes de génération dans le règne animal**..... 484
I. De la génération spontanée..... 484
II. De la génération fissipare..... 487
III. De la génération gemmipare..... 488
IV. De la génération ovipare..... 490
CHAP. LI. **Des sensations qui provoquent à l'accomplissement des actes sexuels nécessaires à la reproduction**..... 493
CHAP. LII. **Des actes sexuels préparatoires à la fécondation**..... 499
I. De la sécrétion spermatique..... 499
II. De l'ovulation..... 503
III. De l'accouplement..... 512
CHAP. LIII. **De la fécondation**..... 519
I. Du siége et du mode de la fécondation..... 519
II. Des lois de la fécondation..... 526
§ I. De la fécondation entre animaux de même espèce ou d'espèces différentes..... 528
§ II. De l'hérédité..... 533
CHAP. LIV. **Du développement de l'embryon**..... 551
I. Des premiers changements que l'œuf éprouve dans les trompes et dans l'utérus..... 551
II. Du développement des enveloppes et des autres annexes de l'embryon..... 554
III. Du développement des appareils organiques et des tissus de l'embryon..... 564
CHAP. LV. **De la vie embryonnaire**.. 591
CHAP. LVI. **De la parturition**..... 605
CHAP. LVII. **De l'allaitement**..... 613

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME SECOND ET DERNIER.